

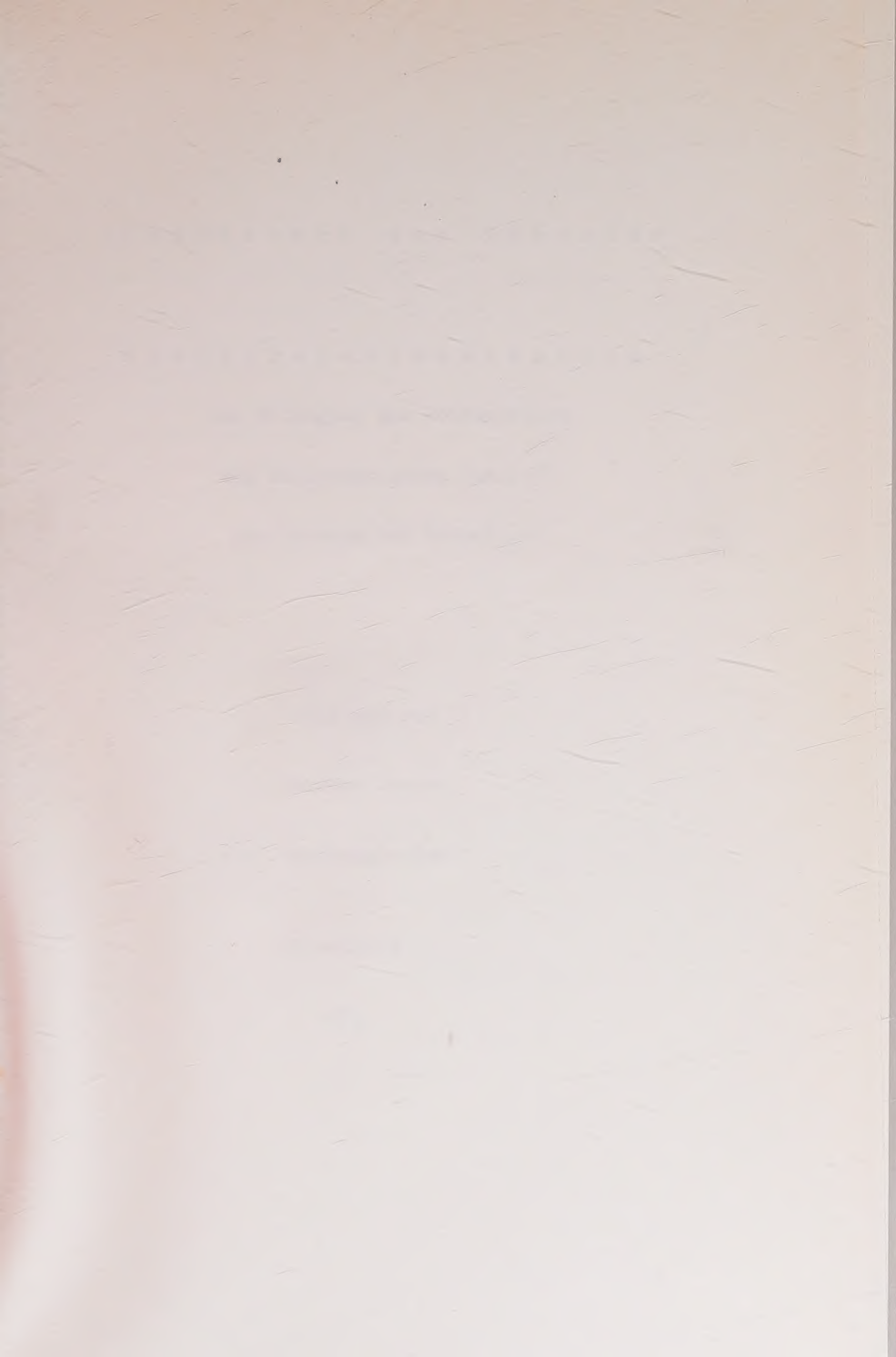
Charaktere von Theorien

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Philosophischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Herbert Wiesen
aus Mönchengladbach

Düsseldorf

1978



C h a r a k t e r e v o n T h e o r i e n

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades

der Philosophischen Fakultät

der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Herbert Wiesen

aus Mönchengladbach

Düsseldorf

1976

D 64



Gedruckt mit Genehmigung der Philosophischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Referent: Prof. Dr. Dr. A. Diemer

Korreferent: Prof. Dr. L. Geldsetzer

Tage der mündlichen Prüfungen: 12. und 22. Mai 1978

I N H A L T

	Einleitung	
1	Der Begriff "Theorie"	1
2	Charaktere von Theorien	7
2.1	BUNGEs Kriterien an Theorien	10
2.2	Ästhetische Charaktere	28
2.3	(Ab-)Geschlossenheit und Vollständigkeit . . .	31
2.3.1	(Ab-)Geschlossenheit	31
2.3.2	Vollständigkeit	34
2.4	Empirische Signifikanz	38
2.5	Erklärungskraft, Prognosekraft, Fruchtbarkeit und Kraft der Heuristik	47
2.5.1	Erklärungskraft	47
2.5.2	Prognosekraft	51
2.5.3	Fruchtbarkeit	54
2.5.4	Kraft der Heuristik	55
2.6	Gehalt	61
2.7	Einfach(st)heit	73
2.8	Prüfbarkeit, Bestätigbarkeit, Bewährbarkeit und Stützbarkeit	89
3	Theorien und ihre Charaktere im Relationsgefüge	102
3.1	Das Problem der Kommensurabilität von Theorien	102
3.2	Intertheoretische Relationen	105
	Einige abschließende Bemerkungen	121
	Anmerkungen	123
	Bibliographie	133



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533917_0074

Einleitung

Theorien - was immer man darunter versteht - spielen in den Überlegungen der Philosophie und auch der Einzelwissenschaften eine zentrale Rolle.

Sobald man nicht mehr nur in den verschiedenen Theorien arbeitet (Objekt - Ebene), sondern über sie reflektiert (Meta - Ebene), kann man versuchen, in der Vielfalt von Theorien gemeinsame strukturierende Merkmale zu erkennen.

Die vorliegende Arbeit operiert nun auf dieser metatheoretischen Ebene bzw. teilweise macht sie auch Aussagen über diese metatheoretische Ebene (also meta-metatheoretisch).

Die in der Wissenschaft gebräuchlichen Theorien sind - wegen der unendlichen Vielfalt der in ihnen enthaltenen Aussagen und der Tatsache, daß die theoretischen Begriffe immer nur indirekt interpretiert werden können - nicht mehr direkt empirisch kontrollierbar.

Deshalb ist es um so wichtiger, die Theorien auf der metatheoretischen Ebene durch möglichst viele ihrer Eigenschaften weitgehend zu charakterisieren.

Eine Zusammenstellung und Untersuchung der möglichen Charaktere von Theorien ist dann auch das Problem, das dieser Arbeit zugrunde liegt.

Die Untersuchung wissenschaftlicher Theorien beschränkte sich bisher in weiten Teilen auf naturwissenschaftliche Theorien. Ziel dieser Arbeit ist es nun, allgemeine Charaktere herauszuarbeiten, die auch in Geistes- und Sozialwissenschaften ihre Anwendung finden können.

Grundlegend für solche metatheoretischen Untersuchungen ist natürlich eine gemeinsame Kommunikationsbasis für das, was man unter "Theorie" verstehen will. Solch eine Grundlage soll in Kapitel 1 geschaffen werden.

Dabei kann und soll natürlich keine exakte Definition angegeben werden - dazu sind die Möglichkeiten der Betrachtungsweise viel zu mannigfaltig. Vielmehr sollen einige Ansätze aufgezeigt werden, was unter dem Begriff "Theorie" in der modernen Diskussion verstanden wird (statement-Konzeption, non-statement-Konzeption, Forschungsprogramme).

Die Darstellung dieser einzelnen Ansätze verzichtet bewußt

auf eine Analyse der Diskussion, was denn eine Theorie "wirklich" sei oder was sie zumindest nicht sei. Auch wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung der Zwei-Stufen-Konzeption verzichtet, da sie zum Thema direkt nichts beiträgt.

Es soll vielmehr ein kurzer Überblick gegeben werden, was man alles unter "Theorie" verstehen kann, damit im folgenden eine gemeinsame Kommunikationsbasis als Arbeitsgrundlage zur Verfügung steht.

Weiterhin bedarf natürlich der Begriff "Charaktere von Theorien" noch einer Erläuterung.

Die grundlegende Bedeutung der Charaktere liegt darin, daß sie gewisse, zumeist wünschenswerte Eigenschaften von Theorien angeben, die auf die Theorie zutreffen (Vollständigkeit, Abgeschlossenheit, Einfachheit,...) oder aber auch gewisse Funktionsweisen betreffen, die die Theorie erfüllen soll (erklären, voraussagen,...) oder Eigenschaften, die für das Arbeiten mit der Theorie nötig oder zumindest förderlich sind (empirische Signifikanz, pragmatische Einfachheit,...) bzw. es erfolgsversprechend erscheinen lassen (Gehalt, Bewährtheit,...).

Neben dieser bloßen Angabe nützlicher oder wünschenswerter Eigenschaften (deskriptive Funktion der Charaktere) - es gibt natürlich durchaus auch unerwünschte - können Charaktere auch als Bewertungsmoment dienen (normative Funktion der Charaktere) (z. B.: Die Theorie soll einfach sein / Die Theorie ist zu einfach).

Die dritte Funktion der Charaktere liegt darin, daß sie die Grundlage für den Vergleich von Theorien bilden (komparative Funktion der Charaktere) (s. Kap. 2 und 3.1)

Zu Beginn der Untersuchungen der einzelnen Charaktere wird ein kurzer Aufriß über die gebräuchlichsten gegeben. (s. p. 8f) Die wohl umfassendste Zusammenstellung von Charakteren findet sich in den Werken von M. BUNGE.

Wegen seiner relativen Vollständigkeit sei das Denk-Gerüst BUNGES dann auch in Kapitel 2.1 zugrunde gelegt. Die Behandlung der Einzelaspekte geht jedoch weit über die Untersuchungen BUNGES hinaus, da sie versucht, die Breite der

modernen Diskussion zu berücksichtigen.

Auf eine durchgängige Klassifizierung der einzelnen Charaktere - als Ordnungselement der Arbeit - wurde verzichtet (siehe jedoch p. 9), da andernfalls die Darstellung zerrissen worden wäre; so erschien mir z. B. eine geschlossene Darstellung der Einfachheit sinnvoller, als die jeweiligen Einzelaspekte (semantische Einfachheit, methodologische Einfachheit,...) unter anderen übergeordneten Gesichtspunkten abzuhandeln. Deshalb werden im folgenden die bedeutsamsten Charaktere in jeweils geschlossener Form behandelt - mit der Konsequenz, daß eine Beziehung zwischen den einzelnen Kapiteln (z. B. in der Abfolge) nicht immer gegeben ist.

Zu Beginn wird die ästhetische Beurteilung von Theorien kurz thematisiert.

Die Bedeutung einer solchen Betrachtung wird zwar oft bestritten, angesichts der neueren Diskussion vor allem im Rahmen der Kontroverse um die Inkommensurabilitätsthese (KUHN, FEYERABEND u. a.) halte ich jedoch einen Blick auf die Rolle der Ästhetik bei der Charakterisierung von Theorien für gerechtfertigt.

Zu anerkannten - teilweise seit Jahrhunderten bekannten - Theorien kann kaum Neues hinzugefügt werden (sie sind abgeschlossen) und braucht auch nichts hinzugefügt zu werden, da sie ihren Bereich abdecken (sie sind vollständig).

Die verschiedenen möglichen Definitionen von "Abgeschlossenheit einer Theorie" und die Beziehungen zwischen der Richtigkeit der Theorie und ihrer Abgeschlossenheit werden in 2.3.1 untersucht.

Auch die Vollständigkeit erscheint bei genauerer Untersuchung sehr mannigfaltig; sie kann sich auf die verschiedensten Komponenten der Theorie beziehen: die Beschreibungen, Erklärungen, Begriffe, das deduktive Gerüst oder gewisse logische Eigenschaften (Beweisbarkeit oder Widerspruchsfreiheit). Die sich daraus ergebenden Vollständigkeitsbegriffe werden erläutert und es wird versucht, Beziehungen zwischen ihnen herzustellen.

Da eine zu weitgehende Vervollständigung zu einer gewissen Starrheit führt, werden auch die Grenzen des Strebens nach Vollständigkeit aufgezeigt.

Waren Abgeschlossenheit und Vollständigkeit formale Momente der Theorie, so kommt nun die empirische Komponente hinzu; denn nur die Theorien sind bedeutsam und anwendbar, die einen empirischen Sinn und empirische Folgerungen haben.

Mathematische Theorien (Gruppen-Theorie, Matrizen-Theorie,...) sind deduktive Systeme, die sich nicht auf die reale Welt beziehen. Theorien in den Erfahrungswissenschaften (Quanten-Theorie, Wirtschafts-Theorie,...) dagegen können nicht von der realen Welt isoliert bleiben.

Deshalb muß auf jeden Fall versucht werden, den Theorien einen empirischen Sinn zu geben (empirische Signifikanz)(s.2.4). Worin dieser empirische Sinn nun aber genau besteht, ist Gegenstand einer weitgreifenden Diskussion, die aus dem Bestreben entstand, die erfahrungswissenschaftlichen Theorien gegen die Metaphysik abzugrenzen.

In den verschiedenen Stadien der Diskussion war folgendes immer unumstritten:

I Empirisch signifikante Sätze sind immer syntaktisch zulässig.

II Empirisch signifikante Sätze sind entweder wahr oder falsch.

Eine dritte Charakterisierung aber wechselte im Laufe der Zeit:

III.1 Empirisch signifikante Sätze stehen in bestimmten Relationen zu Beobachtungssätzen.

III.2 Empirisch signifikante Sätze sind in empiristische Aussagen übersetzbar.

III.3 Empirisch signifikante Sätze sind solche, die synthetisch sind oder solche, deren Terme - falls sie theoretisch sind - prognostische Relevanz besitzen.

Eine genauere Analyse dieser Diskussion findet sich in Paragraph 2.4.

Wurden bisher formale Momente der Theorie betrachtet (Abgeschlossenheit und Vollständigkeit) und die Anwendbarkeit

der Theorien beleuchtet (empirische Signifikanz), so beschäftigt sich der folgende Paragraph mit den Charakteren, die die wichtigsten Funktionen der Theorien (erklären und voraussagen) beschreiben: Erklärungskraft, Prognosekraft, Fruchtbarkeit und Kraft der Heuristik.

Ausgehend von einem kurzen Abriß dessen, was man unter einer wissenschaftlich korrekten Erklärung versteht, der Herausstellung der Rolle der Theorie bei solchen Erklärungen und einer Differenzierung dessen, was erklärt wird (Ereignisse, Gesetze, andere Theorien), wird versucht, die Wirksamkeit der Theorien bei Erklärungen (z. B. als potentiellen Wertungs- und Vergleichsmaßstab) begrifflich zu fassen (erklärungsmäßige Wirksamkeit / Erklärungskraft).

Eng verbunden mit der Erklärung durch Theorien ist die Voraussage. Nach einer Erörterung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Erklärung und Voraussage wird dann die Fähigkeit der Theorie, Voraussagen zu machen, untersucht und begrifflich gefaßt (projektive Leistung / Prognosekraft). Da Theorien aber nicht nur bekannte Fakten erklären oder neue voraussagen sollen und können, sondern zudem die Ableitung neuer Gesetze oder gar die Entwicklung neuer Theorien ermöglichen, werden anschließend die Fruchtbarkeit und die Kraft der Heuristik einer Theorie untersucht. (Wegen dieses funktionellen Zusammenhangs werden diese Charaktere in einem Paragraphen analysiert.)

Das sinnvolle Arbeiten mit den Theorien ermöglichen bzw. erleichtern die beiden Charaktere Gehalt und Einfachheit, die deshalb ausführlich dargestellt werden.

Die Forderung nach Gehalt resultiert aus dem Wunsch, Theorien zur Verfügung zu haben, die eine möglichst umfassende Information beinhalten (also keine "nichtssagenden" Tautologien oder folgerungslosen Beobachtungssätze).

Ausgehend von dieser Intention werden verschiedene mögliche Fassungen des Gehalt-Begriffs diskutiert: logischer Gehalt, mathematischer Gehalt, Tatsachen-Gehalt, empirischer Gehalt, informativer Gehalt, verallgemeinerter Gehalt, Problem-Gehalt und Fragen-Gehalt.

Kombiniert man den Begriff des Gehalts mit dem der Wahrheit, so gelangt man zum Begriff der Wahrheitsähnlichkeit (verisimilitude). Dieser Begriff - der von K.R. POPPER geprägt

wurde - wird ausführlich vorgestellt und diskutiert, soll er doch die Übereinstimmung der Theorien mit den Tatsachen erfassen.

Die Einfachheit schließlich soll das Arbeiten mit den - nach Möglichkeit vollständigen, empirisch signifikanten, fruchtbaren und gehaltvollen - Theorien erleichtern. Neben dieser pragmatischen Einfachheit (Ökonomie-Prinzip), die sich wiederum in psychologische Einfachheit, Einfachheit der Bezeichnungen, algorithmische, experimentelle und technische Einfachheit unterteilt, werden noch die syntaktische, die semantische und die epistemologische Einfachheit vorgestellt.

Zur Rechtfertigung der (Forderung nach) Einfachheit wird ihre Rolle bei der Konstruktion und Bewertung von Theorien untersucht.

Nach einem kurzen Abriß des Versuchs, die Einfachheit sogar numerisch zu fassen, werden zwei völlig andere Auffassungen des Einfachheits-Begriffs vorgestellt:

POPPER versucht den ästhetisch-pragmatischen Charakter der Einfachheit zu eliminieren, indem er Einfachheit und Falsifizierbarkeitsgrad identifiziert (s. p. 79).

Im Gegensatz dazu stellt QUINE eine Verbindung her zwischen Einfachheit und Bestätigungsfähigkeit.

Um die Bedeutung und die Universalität der Forderung nach Einfachheit ins rechte Licht zu rücken, werden die eingangs schon vorgestellten zwanzig Kriterien zur Beurteilung von Theorien auf Zusammenhang und Verträglichkeit zur Forderung nach Einfachheit untersucht. Da sich dabei herausstellt, daß die Forderung nach Einfachheit nur in den seltensten Fällen mit den anderen Charakteren korreliert, muß diese Forderung gemäßigt werden und bedarf einer neuen Rechtfertigung.

Abschließend wird die Eigenschaft von Theorien untersucht, die bisher immer als grundlegend und selbstverständlich angenommen wurde, die Eigenschaft, daß "die Theorie stimmt". So selbstverständlich dies klingt, um so schwieriger ist es jedoch, dies zu präzisieren; denn da theoretische Sätze keine fest umrissene Bedeutung haben (immer nur partiell interpretiert), kann man ihnen als bloßen Aussageformen

i. a. keine Wahrheitswerte zuordnen. Somit kann man auch nicht von der Wahrheit oder Falschheit einer Theorie reden.

Ob man stattdessen nun aber von der Verifikation/ Verifizierbarkeit, Bestätigung oder Bestätigbarkeit reden soll oder ob Falsifikation/ Falsifizierbarkeit bzw. daran anknüpfend Bewährung/ Bewährbarkeit den Schlüssel zum Geltungsanspruch der Theorien liefern, war und ist Gegenstand einer umfassenden Diskussion innerhalb der Wissenschaftstheorie, von der hier natürlich nur in aller Kürze einige Aspekte gezeigt werden können, (zumal eine ausführliche Behandlung dieser Probleme schnell in die Tiefen des mathematischen Formalismus gerät, der zur Lösung des Problems der Charakterisierung von Theorien nichts beiträgt.)

Gleichwohl muß jede Theorie irgendwie geprüft werden. Deshalb wird anschließend die Frage erörtert, ob und wann eine Tatsache denn nun eine Theorie stützt. Damit wird die Diskussion um Bestätigung oder Bewährung umgangen, ohne die Intention aus dem Auge zu verlieren.

Eine der möglichen Anwendungen erhalten diese im Mittelpunkt stehenden Untersuchungen über die Charaktere von Theorien, wenn man Theorien vergleichen will (komparative Funktion).

Um die Anwendbarkeit der Charaktere zu sichern, ist dem Problem des Vergleichs von Theorien ein Exkurs gewidmet, der sich mit dem Problem befaßt, ob man Theorien überhaupt vergleichen kann, bzw. ob ein solcher Vergleich sinnvoll ist. Sofern die Theorien für einen Vergleich geeignet sind, kann man sie in bezug auf verschiedene Charaktere untersuchen und auf der Grundlage dieser Untersuchungen dann bewerten und gezielt vergleichen.

Auf die KUHN-FEYERABEND-Diskussion wird beim Problem der Kommensurabilität nur insoweit eingegangen, als es das Thema erfordert. Es werden jedoch einige Begriffsklärungen vorgenommen (siehe 3.1), die zur Vereinfachung der Diskussion beitragen könnten.

Im folgenden Paragraphen (3.2) wird an geeigneter Stelle jeweils darauf hingewiesen, wenn ein Hilfsmittel gefunden worden ist, daß die Inkommensurabilität von Theorien überwinden helfen kann oder es zumindest ermöglicht, die

Ursachen für diese Inkommensurabilität (Theorie-Beladenheit der Beobachtung, Bedeutungswandel der Begriffe) zu eliminieren bzw. zu rekonstruieren (und mittels dieser Rekonstruktion eventuell daraus resultierende Fehler zu vermeiden).

Dies geschieht im Rahmen einer Untersuchung über die verschiedenen intertheoretischen Relationen, die die direkten Beziehungen zwischen verschiedenen (nicht notwendig konkurrierenden) Theorien beleuchtet.

Die intertheoretischen Relationen - ein relativ junges Forschungsgebiet innerhalb der Wissenschaftstheorie - liefern damit einen wichtigen Beitrag zur Anwendbarkeit der Charaktere für Bewertung und Vergleich von Theorien.

Ihre Analyse erleichtert das Verständnis der Beziehungen zwischen den einzelnen Theorien und des Fortschritts des Wissenschaftsprozesses überhaupt.

1 Der Begriff "Theorie"

Die Bedeutung des Begriffs "Theorie" ist in den Untersuchungen der traditionellen und modernen Philosophie und erst recht der verschiedenen Einzelwissenschaften sehr weit gefächert. Bei aller Differenzierung dessen, was man unter diesem Begriff/ Wort versteht, steht jedoch soviel fest, daß Theorien ein (theoretisches) Ordnungsgefüge für etwas Vorgegebenes darstellen, was immer dieses Vorgegebene sei. Im folgenden soll nun - um für die Charakterisierung von Theorien eine gemeinsame Kommunikationsbasis zu schaffen - eine kurze Skizzierung dessen gegeben werden, was man unter "Theorie" versteht.

Im weitesten Sinne versteht man unter "Theorie" jede Hypothese, Verallgemeinerung oder jedes Gesetz oder eine Konjunktion derselben ¹⁾. Nach POPPER gilt sogar: Jeder Satz hat den Charakter einer Theorie ²⁾. Damit weicht POPPER zwar klar von der üblichen Auffassung ab; er will jedoch dadurch das wesentliche Charakteristikum von Theorien betonen: eine Theorie überschreitet das unmittelbar Gegebene. Diese Transzendenz des Gegebenen wird in der herkömmlichen Auffassung erfahrungswissenschaftlicher Theorien besonders deutlich. So deutet man eine Theorie beispielsweise als ein deduktives System ³⁾, das aus gewissen Anfangshypothesen an der Spitze und empirisch prüfbar Generalisationen an der Basis besteht. Solche Systeme nennt man hypothetisch-deduktive Systeme, da alle Aussagen logische Konsequenzen einer Menge von grundlegenden Annahmen sind, von daher erhält das Kriterium der Ableitungsrichtigkeit eine besondere Bedeutung.

Allen diesen Bestimmungsversuchen ist gemeinsam, daß Theorien als Aussagensysteme betrachtet werden. Diese Auffassung nennt man statement-Konzeption. Theorien lassen sich im Rahmen dieser Konzeption durch folgende drei Punkte charakterisieren ⁴⁾:

1. Erfahrungswissenschaftliche Theorien sind Klassen von Aussagen.
2. Einige dieser Aussagen lassen sich auf empirischem

Wege als wahr oder falsch erweisen, (daraus ergibt sich die besondere Bedeutung der Charaktere: Prüfbarkeit, Widerlegbarkeit, Bestätigungsfähigkeit, Bewährbarkeit Stützbarkeit).

3. Die logischen Beziehungen zwischen den Aussagen einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie lassen sich durch ein axiomatisiertes System darstellen, (folglich sind die formalen Charaktere: Wohlgeformtheit, Ableitungsrichtigkeit, Unabhängigkeit, Stärke und sprachliche Exaktheit wichtig).

Diese Merkmale treffen jedoch längst nicht auf alle möglichen Theorien zu.

Man kann bei der Charakterisierung von Theorien allgemein einen formalen und einen materialen Aspekt unterscheiden:

Theorien sind ihrer Form nach Satz-mengen, nach ihrem kognitiven Inhalt: Aussagen-mengen ⁵⁾.

Als Satz-mengen sind sie gekennzeichnet als:

- ... deduktiv geordnete Mengen von allgemeinen und besonderen Sätzen
- ... formale logisch-mathematische Strukturen, repräsentiert durch Sätze und Formeln
- ... formalisierte axiomatisch-deduktive Systeme
- ... (uninterpretierte, formale, syntaktische) Kalküle, die aber interpretierbar sein müssen; siehe: empirische Interpretierbarkeit und empirische Signifikanz

In ihrer Funktion als Aussagen-mengen sind sie:

- ... interpretierte Komplexe von Begriffen und Aussagen
- ... informative (siehe Gehalt), von Gesetzes-Aussagen dominierte (siehe Repräsentativität), prinzipiell wahrheitsfähige hypothetische Aussagen-Systeme (siehe Bestätigbarkeit) mit realem Geltungsanspruch (siehe empirische Signifikanz)
- ... Hypothesensysteme primär nomologischen Charakters
- ... Konventionen.

Der Vorteil der statement-Konzeption liegt zweifelsohne

darin, daß praktisch alle Charaktere in ihrer Terminologie formuliert sind und somit auf sie angewendet werden können.

Ein schwerwiegender Nachteil ist es jedoch, daß die zeitliche

Veränderlichkeit der Theorie nur schwer erfaßbar ist; d. h. die Elastizität der Theorie ist in dieser Konzeption kaum auszudrücken. (Wenn z. B. einige Grundgesetze oder auch nur Randannahmen in Folge eines widersprechenden Experiments geändert werden, handelt es sich dann noch um dieselbe Theorie?)

Dieser Mangel ist in den beiden anderen Interpretationsmöglichkeiten des Theorie-Begriffs behoben.

Einen dieser beiden Ansätze zur Bestimmung dessen, was mit "Theorie" gemeint ist, findet man - aufbauend auf den Arbeiten von SNEED - in der non-statement-Konzeption wissenschaftlicher Theorien.

Eine Theorie wird dabei als ein in Teilstrukturen zerfallendes mathematisches Gebilde gedeutet, das mit einer Klasse von intendierten Anwendungen verbunden ist.

Die mathematische Struktur einer Theorie wird untergliedert in Strukturrahmen, Strukturkern und erweiterten Strukturkern. Man beabsichtigt, dadurch die logische Komponente der Theorie zu erfassen. Dabei versucht man durch Axiomatisierung zu Prädikaten z. B. der Art "Q ist eine Quantenmechanik" zu gelangen. (Das Vorgehen dabei ist analog zur Präzisierung mathematischer Strukturen mittels Axiomatisierung.) Der Strukturkern enthält dann diese Prädikate sowie die grundlegenden Nebenbedingungen ⁶⁾.

Die Kernerweiterungen umfassen den Strukturkern, spezielle Gesetze und spezielle Nebenbedingungen sowie eine Festlegung der Anwendungsbereiche für die speziellen Gesetze und Nebenbedingungen.

Zu diesen strukturellen Elementen tritt als empirische Komponente der Theorie noch die Menge der Anwendungen der Theorie hinzu, wobei man folgendes berücksichtigen muß:

1. Es gibt zumeist mehrere intendierte Anwendungen.
2. Die verschiedenen Anwendungen überschneiden sich teilweise und werden durch sogenannte Nebenbedingungen miteinander verknüpft.
3. Die Anwendungsbereiche werden nicht nur durch die Fundamentalgesetze des Strukturkerns, sondern auch durch verschiedene Spezialgesetze eingegrenzt.

Der Bereich intendierter Anwendungen ist jedoch nie explizit abgebar. Der Vorteil ist dabei, daß die Theorie dadurch bis zu einem gewissen Grade gegen Erfahrungen immunisierbar ist; negativ zu beurteilen ist das Moment der Vagheit, das damit unweigerlich ins Spiel kommt. (siehe Elastizität/ Stabilität). Das Kriterium der empirischen Interpretierbarkeit bedeutet in dieser Terminologie, daß der Anwendungsbereich eine nicht vernachlässigbare Teilmenge des intendierten Anwendungsbereichs ist.

Der empirische Gehalt einer Theorie kann nun durch eine einzige unzerlegbare Aussage, den zentralen empirischen Satz, auch RAMSEY-SNEED-Satz der Theorie genannt ⁷⁾, wiedergegeben werden.

Dies ist natürlich eine Fassung des empirischen Gehalts, die von der in 2.6 gegebenen stark abweicht (und leider zur praktischen Handhabung zu komplex ist). Der zentrale empirische Satz bietet, da er ein sehr guter Repräsentant für die ganze Theorie ist natürlich ideale Ansatzpunkte für all' die Charaktere, die sich in der statement-Konzeption nur auf gewisse charakteristische Aussagen der Theorie stützen konnten. So braucht man zur Bestimmung der Einfachheit keine speziellen Sätze mehr auszuzeichnen (siehe 2.7) oder auch keine speziellen Texte zur Bestimmung des ästhetischen Quotienten (siehe 2.2), sondern man nimmt stattdessen einfach den RAMSEY-SNEED-Satz.

Durch die besondere Betonung der logischen Struktur der Theorie werden die formalen Charaktere (Wohlgeformtheit, Innere Konsistenz, ...) natürlich besonders hervorgehoben (innerhalb des Strukturkerns). Ebenso wird bei Kernerweiterungen die Forderung der Ableitungsrichtigkeit grundlegend sein.

Von der Theorie im Sinne einer logisch-mathematischen Struktur muß man jedoch die Theorienpropositionen unterscheiden, d. h. die Propositionen, die durch die Theorie ausgedrückt werden, womit die Charaktere, die ursprünglich innerhalb der statement-Konzeption formuliert wurden, wieder einen Ansatzpunkt haben (und Forderungen wie Prüfbarkeit, Bestätigbarkeit, Bewährbarkeit und Stützbarkeit müssen sich ja auf alle mögli-

chen Theoriebegriffe beziehen können).

Daneben gibt es mittlerweile jedoch auch durchaus spezielle Ansätze für die non-statement-Konzeption (siehe z. B. die speziellen Äquivalenz-Begriffe in 3.2).

Der Vorteil des SNEEDschen Theorie-Begriffs liegt vor allem darin, daß es durch die Einteilung in Strukturkern und Kernerweiterungen möglich ist, von einer gleichbleibenden Theorie zu sprechen (die eben durch ihren Kern charakterisiert ist), obwohl in bezug auf spezielle Gesetze Änderungen stattgefunden haben. Man kann also spezielle Gesetze eliminieren, hinzufügen oder abändern, ohne sagen zu müssen, die Theorie habe sich geändert.

Diese wichtige Eigenschaft der non-statement-Konzeption kann man allerdings auch auf die statement-Konzeption übertragen. Dies geschieht dadurch, daß man einen Kern von Fundamental-Aussagen (Axiomen, Gesetzen oder Korrespondenzregeln) auszeichnet (und als charakteristisch für die Theorie bezeichnet), während man die übrigen Aussagen der Theorie (die als Konjunktion der Theorie im engeren Sinne und ihrer Zuordnungsregeln aufgefaßt wird) als abänderbare und nicht unbedingt Theorie-charakterisierende Spezialaussagen oder Kernerweiterungen auffaßt. Unter diese letzte Rubrik fallen vor allem die Hilfshypothesen und Randbedingungen, die ja immer nötig sind, um aus der allgemeinen Theorie spezielle Aussagen herzuleiten.

Eine interessante Variante dieser Kennzeichnung von Theorien liefert LAKATOS mit seiner Methodologie der Forschungsprogramme: Ein Forschungsprogramm besteht

1. synchronisch gesehen aus einem harten Kern und einem schützenden Gürtel ⁹⁾ von Zusatzhypothesen
2. diachronisch gesehen aus einer Folge von Theorien, die sich durch progressive oder degenerative Problemverschiebungen verändern.

Am harten Kern wird dabei auch bei experimentellen Schwierigkeiten festgehalten, wogegen im schützenden Gürtel Anpassungen vorgenommen und Hilfshypothesen aufgestellt werden können.

Beurteilt werden bei LAKATOS also nicht isolierte Theorien, sondern Folgen von Theorien, die als erfolgreich/ progressiv (bei steigendem Gehalt) oder degenerierend (bei sich vermin-derndem empirischen Gehalt) erkannt werden sollen.

Dem oben gekennzeichneten Begriff "Theorie" entspricht also hier der Begriff des "Forschungsprogramms".

Damit erfaßt man, daß immer das gleiche Forschungsprogramm (in obigem Sinne: die gleiche Theorie) vorliegt, obwohl sich der Wissensstand teilweise nicht unerheblich ändert und somit jeweils andere Theorien als Glieder eines Forschungsprogramms (im obigen Sinne: Theorien mit verschiedenen Kernerweiterungen) vorliegen.

Die Problematik der Anwendung der normalerweise in der Terminologie der statement-Konzeption formulierten Charaktere auf Forschungsprogramme besteht dann auch zumeist nur darin, zu klären, worauf sich die einzelnen Charaktere beziehen sollen, auf den harten Kern, auf die einzelnen Theorien oder auf das ganze Forschungsprogramm.

So beziehen sich fast alle Charaktere auf die einzelnen Theorien, nicht auf das ganze Forschungsprogramm (z. B.: Erklärungskraft, Prognosekraft, Prüfbarkeit, Widerlegbarkeit, Bestätigbarkeit, methodologische Einfachheit und Weltanschauungsverträglichkeit...).

Die innere Konsistenz kann sowohl nur für den Kern als auch für die jeweiligen Theorien gefordert werden; die Originalität gilt sowohl für die einzelnen Theorien wie für das ganze Forschungsprogramm, die Ausdehnbarkeit dagegen mehr für das ganze Forschungsprogramm. Die externe Konsistenz kann auf jeden Fall nur für das jeweils letzte Glied eines Forschungsprogramms gefordert werden, denn die vorherigen Glieder wurden möglicherweise gerade wegen eines Verstoßes gegen diese Forderung abgeändert. Auch bei anderen Charakteren muß man gewisse Besonderheiten beachten: So wurde die "Kraft der Heuristik" speziell für Forschungsprogramme geschaffen; andererseits trifft die grundlegende Forderung der Widerlegbarkeit nicht auf den harten Kern des Forschungsprogramms zu.

2. Charaktere von Theorien

Bei der Kennzeichnung von Theorien spielen die sogenannten Charaktere eine große Rolle.

Jedem der Charaktere kann - je nach Gebrauch - eine dreifache Bedeutung und Funktion zukommen:

Im einfachen Fall ist der Charakter einer Theorie nichts anderes als eine Eigenschaft, die der Kennzeichnung der Theorie dient; so beispielsweise, wenn man sagt, die Theorie T ist tief, einfach.... (deskriptive Funktion). Neben der Funktion der Charakterisierung spielt auch das Moment der Bewertung eine große Rolle. Der Charakter wird dadurch zu einem Bewertungsmoment, daß der jeweiligen Eigenschaft eine normative Funktion zuerkannt wird (z.B. Die Theorie soll tief sein / Die Theorie soll einfach sein,...) Wenn man nun die Charaktere einer Theorie zum (mit-) entscheidenden Kriterium für die Annahme einer Theorie macht, muß man immer berücksichtigen, daß

- 1) verschiedene Forderungen (oft) aneinander gekoppelt sind (z.B. Tiefe hängt von Stärke ab; Fruchtbarkeit von Tiefe, Repräsentativität, Originalität und der interdisziplinären Anwendbarkeit;...)
- 2) einige Charaktere durchaus nicht verabsolutiert werden dürfen, weil sie sonst den wissenschaftlichen Fortschritt hemmen würden ¹⁰⁾ und somit diese Eigenschaften als Forderungen zweischneidig sind ¹¹⁾
- 3) einige Forderungen nicht miteinander verträglich sind ¹²⁾
- 4) sehr wahrscheinlich keine dieser Eigenschaften/Forderungen völlig erfüllt werden kann. So können syntaktische Korrektheit - ein Sammelbegriff den BUNGE für Wohlgeformtheit und innere Konsistenz prägt - und sprachliche Exaktheit in den Anfangs-Stadien einer Theorie nicht perfekt sein; entscheidend ist, daß sie verbessert werden können.

Sofern ein Charakter zumindest in der komparativen Begriffsförm gegeben ist ¹³⁾, ist die Grundlage gelegt für die dritte Funktion: den Vergleich (z. B.: T ist einfacher als T' / T ist tiefer als T',...) (komparative Funktion)

Charaktere ermöglichen allerdings auch schon dann einen Vergleich von Theorien, wenn man die klassifikatorischen Begriffe als schwach komparative Begriffe auffaßt ¹⁴⁾, z.B.: T ist sehr einfach, T' ist einfach; dann ist T einfacher als T'.

Ohne Berücksichtigung ihrer Funktion seien zuerst einmal die gebräuchlichsten Charaktere aufgelistet (in Kap. 2 wird ansonsten meist nur die deskriptive und normative Funktion berücksichtigt; die komparative erst in Kap. 3):

- 1) Adäquatheit
- 2) Ästhetische Charaktere
- 3) Abgeschlossenheit und Vollständigkeit
- 4) Empirische Signifikanz
- 5) Erklärungskraft, Prognosekraft, Fruchtbarkeit und Kraft der Heuristik
- 6) Gehalt
- 7) Einfachheit
- 8) Prüfbarkeit, Bestätigbarkeit, Bewährbarkeit und Stützbarkeit.

Mit Hilfe einer Feinstrukturierung kann man sogar siebenundzwanzig verschiedene Charaktere unterscheiden ¹⁵⁾:

1. Wohlgeformtheit (well-formedness)
2. Innere Konsistenz (internal consistency)
3. Ableitungsrichtigkeit (validity)
4. Unabhängigkeit (independence)
5. (Logische) Stärke (strength)
6. Sprachliche Exaktheit (linguistic exactness)
7. Begriffliche Einheitlichkeit (conceptual unity)
8. Empirische Interpretierbarkeit (empirical interpretability)
9. Repräsentativität/Strukturelle Darstellung
(representativeness)
10. Semantische Einfachheit (semantical simplicity)
11. Externe Konsistenz (external consistency)
12. Problemgerechte Lösung/Problemadäquatheit
(inclusiveness)
13. Tiefe (depth)

14. Originalität (originality)
15. Vereinheitlichungskraft (unifying power)
16. Elastizität/Stabilität (stability)
17. Erklärungskraft (explanatory power)
18. Prognosekraft (predictive power)
19. Heuristische Kraft/Fruchtbarkeit (heuristic power/
fertility)
20. Ausdehnbarkeit (extensibility)
21. Testfähigkeit/Erforschbarkeit (testability/
scrutability)
22. Widerlegbarkeit (refutability)
23. Bestätigungsfähigkeit (confirmability)
24. Methodologische Einfachheit (methodological simplicity)
25. Bereichs-Einsparung (level-parsimony)
26. Metawissenschaftliche Verträglichkeit (metascientific
soundness)
27. Weltanschauungs-Verträglichkeit (world-view
compatibility)

Will man versuchen, diese siebenundzwanzig Charaktere nach übergeordneten Gesichtspunkten zusammenzufassen, so bietet sich neben der klassischen Einteilung in formale ¹⁶⁾ und materiale ¹⁷⁾ Charaktere (zu den formalen würde man 1.-7. zählen, zu den materialen 8.-27.) die Klassifikation an, die BUNGE ¹⁸⁾ in seinen Arbeiten vornimmt:

Die ersten fünf Charaktere bezeichnet er als syntaktische/formale Charaktere, da sie eine Aussage über die äußere Form der Theorie machen. Die nächsten fünf Charaktere nennt er semantische; sie kennzeichnen den Zusammenhang zwischen Aussage und Wirklichkeit. Punkt 11. bis Punkt 20. sind für BUNGE epistemologische Charaktere. Die nächsten vier Charaktere nennt er methodologisch, denn sie beziehen sich auf die praktische Prüfung der Theorie; die restlichen drei faßt er unter den Oberbegriff: philosophische/metaphysische Charaktere.

2.1 BUNGEs Kriterien an Theorien

Als allgemeine Vorgabe für eine Übersicht seien - wegen ihrer relativen Vollständigkeit - die Arbeiten von M. BUNGE zugrunde gelegt.

Ausgangspunkt der Untersuchung bilden die fünf sogenannten "Symptome der Wahrheit" (formale, semantische, epistemologische, methodologische, philosophische), die BUNGE in zwanzig Prüfungskriterien aufspaltet.¹⁹⁾

Später spricht er weniger anspruchsvoll nur noch von "Kriterien der Theorienbewertung"²⁰⁾. ZELGER dagegen nennt diese zwanzig Punkte "Adäquatheitskriterien für Theorien" bzw. "Adäquatheitsbedingungen"²¹⁾.

Mit "Adäquatheit einer Theorie" versucht man, die Angemessenheit der Theorie auszudrücken, d. h. "wie gut" die Theorie die Wirklichkeit beschreibt. Eine adäquate Theorie ist also eine Theorie, die die Wirklichkeit exakt widerspiegelt. Diese Korrespondenz von Wirklichkeit und Phänomenen der Nicht-Wirklichkeit (Begriffen, Sätzen, Theorien) ist jedoch problematisch und führt immer zu Fragen wie der folgenden:

Wie kann ein sprachliches Gebilde - sei es ein Satz oder eine Theorie - mit der außersprachlichen Wirklichkeit übereinstimmen?

Die Frage nach der Adäquatheit einer Theorie steht also in einem engen Zusammenhang mit der Frage nach ihrer Wahrheit. BUNGE geht daher den zunächst naheliegendsten Weg und führt die "Übereinstimmung mit der Wirklichkeit" auf die empirische Bestätigung zurück. Für ihn wird die Frage nach dem Grad der Adäquatheit einer physikalischen Theorie zu den ihr entsprechenden physikalischen Objekten zu guter Letzt durch den Grad ihrer empirischen Bestätigung entschieden²²⁾. Dies ist jedoch nur einer der siebenundzwanzig Charaktere. Die anderen tragen längst nicht so viel zur Frage nach der Adäquatheit der Theorie bei. Außerdem muß betont werden, daß eine Thematisierung der "Übereinstimmung von Theorie und Wirklichkeit" leider nicht stattfindet, sondern höchstens Symptome für eine nicht näher erläuterte Übereinstimmung genannt werden.

Berücksichtigt man den Wechsel BUNGES bei der Auflistung dieser zwanzig Kriterien, so ergeben sich die eingangs schon erwähnten siebenundzwanzig Charaktere, die im folgenden näher erläutert werden:

1. Wohlgeformtheit (well-formedness):

Die "Wohlgeformtheit einer Theorie" bezieht sich auf die (syntaktische) Wohlgeformtheit ihrer Formeln, die kein Kauderwelsch ("gibberish") darstellen sollen.

Die Regeln, die festlegen, wann eine Formel wohlgeformt ist, sind die Regeln der Logik und Syntax.

Somit müssen also alle Formeln einer Theorie den Regeln der Logik und speziell der Syntax der jeweiligen Wissenschaftssprache genügen.

2. Innere Konsistenz (internal consistency):

Eine Theorie heißt konsistent (widerspruchsfrei), wenn nicht gleichzeitig ein Satz und sein kontradiktorisches Gegenteil aus ihr hergeleitet werden können, oder anders gesprochen: Es gibt innerhalb der Theorie keine zwei Sätze, von denen einer die Negation des anderen ist.

Daß je zwei beliebige Sätze der Theorie logisch miteinander vereinbar sind, also die Konsistenz, ist eine Bedingung, der jede Theorie, unabhängig vom Charakter ihres Geltungsbereichs, ihres logischen Typs und ihres Erkenntnis-Niveaus genügen muß. Die Eigenschaft der inneren Konsistenz ist somit - zur Forderung erhoben - eine Minimalbedingung wissenschaftlicher Rationalität.

Die praktische Prüfung einer Theorie auf ihre Widerspruchsfreiheit hin ist jedoch sehr kompliziert und garantiert die tatsächliche Entdeckung eines möglicherweise vorhandenen Widerspruchs nicht; denn man kann logisch konsistente, ja sogar wahre Folgerungen aus Axiomen herleiten, die widerspruchsvoll sind.

So besagt das Theorem von CHURCH, daß für jedes logische System, das komplizierter ist als der Aussagenkalkül (und das gilt ja für alle interessanten wissenschaftlichen

Theorien) es keine allgemeingültige Methode gibt, um festzustellen, welche Sätze in diesem System beweisbar sind. Da man somit nicht einmal einen Überblick hat, welche Sätze beweisbar sind, tritt zu den oben genannten Schwierigkeiten hinzu, daß man kaum je alle beweisbaren Konsequenzen der Theorie überschauen kann.

Als Entscheidungskriterium für die Konsistenz (auch syntaktische Konsistenz genannt) benutzt man daher meist die sogenannte "semantische Konsistenz":

Eine (uninterpretierte) Theorie ist widerspruchsfrei, wenn sie erfüllbar ist, d. h. wenn ihr mindestens ein Modell entspricht ²³⁾.

Die Bedeutung der Eigenschaft der (inneren) Konsistenz liegt in ihrer engen Beziehung zur Falschheit der Theorie:

"Ist zwar Konsistenz kein Wahrheitskriterium, so ist doch Inkonsistenz ein Falschheitskriterium." ²⁴⁾

3. Ableitungsrichtigkeit (validity):

Die Ableitungen in einer Theorie sollen logisch und/oder mathematisch richtig sein. Die Ableitungen müssen also den Regeln der (zweiwertigen) Logik und/oder der Mathematik genügen.

4. Unabhängigkeit (independence):

Diese Eigenschaft bezieht sich sowohl auf die Grundbegriffe als auch auf die Grundannahmen der Theorie.

So muß man dann die Unabhängigkeit von Begriffen und Axiomen unterscheiden ²⁵⁾:

Ein Grundbegriff ist unabhängig, wenn er innerhalb der Theorie nicht durch andere Grundbegriffe definierbar ist - was natürlich nicht ausschließt, daß er in einer anderen Theorie definiert werden kann.

Ein Axiom (Grundannahme) ist unabhängig, wenn es innerhalb der Theorie nicht aus den anderen Axiomen ableitbar ist.

Die Unabhängigkeit eines Axioms in einer (axiomatisierten) Theorie gilt als bewiesen, wenn es gelungen ist, der Theorie, die aus der betreffenden Theorie durch Austausch des untersuchten Axioms gegen seine Negation gewonnen wurde, eine

Interpretation zu geben ²⁶⁾.

Ein Axiom ist also unabhängig in einer Theorie, wenn die Theorie, die das negierte Axiom enthält, konsistent ist. Die Bedeutung dieser Eigenschaft liegt weniger in der begrifflichen / axiomatischen Ökonomie als vielmehr in der Tatsache, daß sie unsere Aufmerksamkeit auf die Einheitlichkeit der Basis lenkt und dadurch zirkuläre Begriffsbildungen verhindert (Unabhängigkeit der Begriffe). Durch die Unabhängigkeit der Axiome wird es ermöglicht, Teile der Theorie durch Auswechseln einzelner (unabhängiger) Axiome zu ändern und damit der Wirklichkeit anzupassen (siehe 16.).

5. (Logische) Stärke (strength):

Die Stärke einer Theorie ist eine Eigenschaft der Formeln und Axiome der Theorie. Dabei heißt eine Formel A (logisch) stärker als eine Formel B, wenn sich B aus A logisch ableiten läßt ²⁷⁾.

So ist z. B. 1) $x = y$ stärker als $x \geq y$
2) $p \wedge q$ stärker sowohl als p als auch als q
3) p stärker als $p \vee q$
4) $(x) P(x)$ stärker als $P(c)$
5) $P(c)$ stärker als $(\exists x) P(x)$.

Tautologien haben minimale, logisch falsche Formeln (Kontradiktionen) dagegen maximale Stärke; denn aus einer falschen Formel kann man alles schließen (ex falso quod libet).

Somit muß bei der Forderung, daß die Axiome der Theorie so stark wie möglich sein sollen, einschränkend hinzugefügt werden:

Die Axiome der Theorie sollten so stark wie möglich sein, soweit sie noch wahr sind.

Die Vorteile von logisch starken Formeln sind:

- a) logische Stärke ist eine Quelle von Bestimmtheit und Nicht-Vagheit
 - b) eine logisch stärkere Formel hat mehr Gehalt als eine schwächere
 - c) als Folge von a) und b) ist eine logisch stärkere Formel auch besser prüfbar als eine schwächere.
- Kurz: Je stärker eine Hypothese ist, desto größer ist ihre Prüfbarkeit.

6. Sprachliche Exaktheit (linguistic exactness):

Die Eigenschaft der sprachlichen Exaktheit bedeutet eine Minimalisierung der Mehrdeutigkeiten und (intensionalen) Vagheiten der Axiome zusammen mit ihren Interpretationen, wobei gilt:

Ein Axiom heißt vage, wenn es vage Terme enthält.

Ein Term heißt (intensional) vage, wenn er Eigenschaften bezeichnet, die nicht alle bekannt sind.

Es wird eine Forderung nach sprachlicher Exaktheit erhoben, um die empirische Interpretierbarkeit und die Anwendbarkeit der Theorie zu sichern.

7. Begriffliche Einheitlichkeit (conceptual unity):

Eine begrifflich einheitliche Theorie bezieht sich auf einen streng definierten Bereich. Ihre Prädikate sind semantisch homogen (homogeneous), zusammenhängend (connected) und abgeschlossen (closed).

Dazu gelten folgende Begriffsklärungen ²⁸⁾:

- a) Verschiedene Prädikate sind (semantisch) homogen, wenn sie zum selben Forschungsgebiet gehören.
(Gegenbeispiel: Die Primzahlen sind kalt.)
- b) Prädikate sind zusammenhängend (miteinander) verbunden, wenn kein Grundterm in nur einem Axiom vorkommt (also in gewisser Beziehung isoliert ist), d. h. wenn jeder Grundterm in mindestens zwei Axiomen vorkommt.
- c) Eine Menge von Prädikaten ist abgeschlossen, wenn alle Prädikate dieser Menge und nur sie in den Axiomen und Definitionen der Theorie enthalten sind.

8. Empirische Interpretierbarkeit (empirical interpretability):

Damit ist die Eigenschaft der Theorie gemeint, daß einige Theoreme der Theorie (speziell solche der niedrigsten Levels) empirisch interpretierbar sind - evtl. durch Hinzuziehen von Hilfs-Theorien.

Dabei brauchen diese Theoreme selbst keinen empirischen

Gehalt zu haben, da sonst gerade die für die Wissenschaft so bedeutsamen theoretischen Hypothesen ausgeschlossen würden.

Vielmehr sollten diese Theoreme in Konjunktion mit anderem Wissen die Ableitung von Formeln gestatten, die näherungsweise in Beobachtungsaussagen übersetzt werden, d. h. mit Beobachtungsaussagen verglichen werden können (also auch z. B.: Ein freies Elektron hat einen Spin.)

Diese "näherungsweise Übersetzung in Beobachtungsaussagen" bedeutet eine wesentliche Erweiterung gegenüber der CARNAPschen Forderung nach Korrespondenz-(Zuordnungs)regeln, die jeden theoretischen Term mit Beobachtungs-Termen verbinden sollten ²⁹⁾.

9. Repräsentativität / Strukturelle Darstellung (representativeness):

Es ist wünschenswert, daß eine Theorie aktuelle Ereignisse und Prozesse nicht nur beschreibt, sondern sie auch repräsentiert und rekonstruiert. Somit ist eine Theorie, die die innere Struktur des untersuchten Gegenstandsbereichs repräsentiert (representational theory) einer phänomenalistischen oder behavioristischen Theorie vorzuziehen, die überwiegend Beobachtungsterme als Bezeichnungen der Variablen enthält. Phänomenalistische Theorien (BUNGE nennt sie auch black-box-Theorien ³⁰⁾) legen zwar einen Zusammenhang zwischen input und output fest, erläutern aber nicht, wie man diesen erhält. Phänomenalistische Theorien standen meist am Anfang der wissenschaftlichen Erforschung eines Gebietes, wurden jedoch dann durch repräsentative Theorien ersetzt oder ergänzt. Phänomenalistische Theorien sind jedoch nicht unbedingt abzulehnen, denn:

- a) sie sind allgemeiner
- b) sie sind epistemologisch einfach
- c) sie lassen sich leicht an neue Daten anpassen
- d) sie sind weniger riskant als Theorien, die Aussagen über innere unbeobachtbare Zusammenhänge machen.

Diese vier Punkte sind jedoch nicht unumstritten und werden normalerweise gegenüber den Vorzügen repräsentativer Theorien

zurückstehen, als da sind:

- a) Nicht bloße Beschreibung, sondern ein tiefes Verständnis der wissenschaftlichen Vorgänge und Tatsachen ist das Ziel der Wissenschaft; ein Ziel, das von repräsentativen Theorien wesentlich besser realisiert wird als von phänomenalistischen.
- b) Repräsentative Theorien haben einen höheren empirischen Gehalt.
- c) Sie erfüllen die Bedingung der externen Konsistenz besser als phänomenalistische Theorien.
- d) Sie sind nicht ad-hoc.
- e) Sie sind nicht auf verfügbare empirische Daten beschränkt und können somit neue und unerwartete Tatsachen prognostizieren. Sie haben folglich eine größere Prognosekraft und auch eine größere Erklärungskraft als phänomenalistische Theorien. Außerdem sind sie sogar fruchtbar, da sie wegen ihrer Darstellung der inneren Struktur des Bereichs auch die Voraussage neuer Gesetzmäßigkeiten erlauben. (vgl. 2.5.3)
- f) Sie sind gewagter als phänomenalistische Theorien und haben somit eine größere Prüfbarkeit und Widerlegbarkeit.

10. Semantische Einfachheit (semantical simplicity):

Diese hängt ab von der Anzahl der Bedeutungsspezifikationen der grundlegenden Prädikate. (Einzelheiten siehe 2.7)

11. Externe Konsistenz (external consistency):

Damit ist die Verträglichkeit der Theorie mit der überwiegenden Mehrheit (aber nicht unbedingt Gesamtheit) der begründeten und überprüften Erkenntnisse der jeweiligen Wissenschaft oder auch verwandter Wissenschaften gemeint. Wenn möglich sollte eine neue Theorie die anerkannten Sätze des jeweiligen Wissenschaftsbereichs als (explizite oder implizite) Voraussetzungen einbeziehen.

Die Einschränkung "mit der überwiegenden Mehrheit" ist wichtig, denn andernfalls wären viele Theorien der Wissenschaftsgeschichte nicht möglich gewesen, (wenn sie sich also an ein

Prinzip einer umfassenden (externen) Konsistenz von Theorien gehalten gehalten hätten).

Faßt man dieses Prinzip jedoch in seiner gemilderten Form auf, so werden auch Theorien möglich, die durchaus als revolutionär zu bezeichnen sind, aber trotzdem nur mit einem Teil unserer wissenschaftlichen Erkenntnis inkonsistent sind; denn die Kritik der alten Theorie und die Konstruktion der neuen geschieht auf der Basis des bekannten Wissens und im Licht seiner mehr oder weniger explizit geäußerten Normen.

12. Problemgerechte Lösung / Problemadäquatheit (inclusiveness):

Eine Theorie, die diese Eigenschaft hat, löst einen wesentlichen Teil der Probleme, die ihre Konstruktion anregen und die sie sich zur Aufgabe gestellt hat in guter Näherung. Als bessere Theorie gilt diejenige, die umfassendere Fragen beantwortet (vgl. Fragen-Gehalt, 2.6). Eine Theorie sollte aber nie versuchen, alle möglichen Fragen zu lösen; dieses Unterfangen muß der Pseudo-Wissenschaft überlassen bleiben.

13. Tiefe (depth):

Der Begriff "Tiefe einer Theorie" läßt sich durch das Vorhandensein folgender (eng verbundener) Attribute erläutern:

- a) dem Vorkommen hoher theoretischer Terme (high-level constructs)
- b) dem Vorhandensein von "Mechanismen"
- c) hoher Erklärungskraft.

Diese Grundideen kann man in der folgenden Definition fixieren ³¹⁾:

Eine Theorie T ist tiefer (hat eine größere Tiefe) als eine Theorie T' dann und nur dann, wenn gilt:

- a) T enthält höhere theoretische Terme (unobservables) als T' (- epistemologischer Aspekt -)
- b) Diese Terme von T kommen in einem Hypothesengefüge vor. Dieses stellt eine bestimmte innere Struktur (inneren hypothetischen "Mechanismus") auf. Die Struktur ist auf dieselben Fakten bezogen, auf die sich auch T' bezieht. (- ontologischer Aspekt -)
- c) T erklärt T' logisch. (- logischer Aspekt -)

Ein Beispiel einer Folge von Theorien mit abnehmender Tiefe ist die folgende ³²⁾:

Quanten-Optik - Elektromagnetische Optik - Mechanische Wellenoptik - Geometrische Optik.

In obiger Definition bedarf natürlich noch das Vorhandensein höherer theoretischer Terme einer Erläuterung:

Es bezieht sich einerseits auf die Level-Schichtung der Realität und unsere Kenntnis von ihr, andererseits auf Faktoren wie Beobachtungsnähe und Theoretizität.

So ist z. B. der Begriff "Molekül" theoretischer und damit weiter von den Daten entfernt als der Begriff "Golfball". Grundlegend bei Betrachtungen zur Offenkundigkeit oder Realitätsnähe von Begriffen ist der Begriff der Beobachtbarkeit. Nach QUINE ³³⁾ gilt dabei als Kriterium, das einen Satz als Beobachtungssatz qualifiziert:

Alle Sprecher der Sprache, die anwesend und aufmerksam sind, wenn solch ein Satz behauptet wird, sind fähig, darin übereinzustimmen, ob dem Satz zuzustimmen ist, oder ob er abzulehnen ist.

Die Relativität der Beobachtung (z. B. abhängig von Interesse und Training des Beobachters) entfällt durch den Bezug auf die linguistische Community.

Der Grad der Beobachtbarkeit / Theoretizität eines Satzes könnte nun nach QUINE gemessen werden durch die durchschnittliche Stimulation, die man der Community geben muß, um eine unveränderliche Aussage zu bekommen. Denn: bei "offensichtlichem Geschehen" braucht man keine Stimulation zu geben, bei weniger offensichtlichem muß man die Aufmerksamkeit dagegen erst auf das Geschehen lenken.

Grundlegend ist das Lernen von Begriffen (z. B. des Begriffs "Golfball"). Darauf aufbauend lassen sich Individualaussagen gewinnen ("das ist ein Golfball"), die eine neue Stufe der Theoretizitäts-Skala darstellen.

Den nächsten Schritt nach oben in der Theoretizitäts-Skala bildet die Zusammensetzung von Beobachtungstermen (z. B. "roter Wein" aus "rot" und "Wein").

Gesetze schließlich stellen eine weitere Stufe dar (z. B. "Wachs schmilzt in Feuer").

Durch Quantifikation schließlich - QUINE unterscheidet reguläre (für alle x) und substitutionelle (für alle x, die

einen Namen haben) - und Einführung von Variablen wird ein neuer Grad an Theoretizität erreicht. Man arbeitet mit Variablen, als deren Werte man (physikalische) Objekte zuläßt und erreicht somit ein theoretisches Niveau, das ziemlich hoch über dem "Boden der Beobachtung" liegt.

Immer komplexere Entitäten werden von den Wissenschaftlern postuliert (komplexe Zahlen, Elektronen, Spins, ...), die paradoxerweise zu immer einfacheren Gesamtsystemen und Erklärungsbeziehungen führen.

Mit diesen Überlegungen ³⁴⁾ kann man nun also das "Enthalten höherer theoretischer Terme" in der obigen Definition von "Tiefe" erläutern.

Aufbauend auf obigen Ansätzen könnte man sogar versuchen, die Theoretizität einer Theorie zu definieren:

Zu Beginn werden gewisse Grundbegriffe und Grundgesetze der jeweiligen Theorie ausgezeichnet. Davon bestimmt man dann jeweils die Einzel-Theoretizitäten. Die Theoretizität der ganzen Theorie könnte man dann definieren als:

- a) Minimum der Einzel-Theoretizitäten oder
- b) Maximum der Einzel-Theoretizitäten oder
- c) Durchschnitt der Einzel-Theoretizitäten oder
- d) Summe der Einzel-Theoretizitäten.

Die Suche nach größerer Tiefe ist ein Ansporn zur Konstruktion neuer Theorien, entstanden aus der Unzufriedenheit mit der Oberflächlichkeit herrschender Theorien und ihrer Erklärungen. So liefert eine einfache All-Generalisation der niedrigsten Stufe (z. B.: Alle Raben sind schwarz) keine Erklärung auf die Frage: "Warum ist dieser Rabe schwarz?", außer der Aussage, daß dieser bestimmte Rabe der Klasse aller Raben angehört, für die dann das Gesetz gilt. Diese höchst dürftige Erklärung wird niemanden recht befriedigen und deshalb wird man übergreifende Theorien suchen, die das Gesetz erklären und damit dann auch die Einzelaussagen.

Wenn man nun die Tiefe einer Theorie zur Forderung an Theorien erhebt, so eliminiert dies natürlich nicht die weniger tiefen Theorien. Sie werden zusammen mit den tiefen Theorien beibehalten, zumindest dann, wenn sie nützliche Begriffe enthalten, die den tatsächlichen Vorgängen und Eigenschaften irgendwie entsprechen. So eliminiert die Wellen-Optik den

Begriff des Lichtstrahls nicht, sondern sie erklärt ihn mit ihren Begriffen (z. B. Interferenzen) und ermöglicht somit, in einfacheren Problemen, die die geometrische Optik zu lösen vermag, trotz Anerkennung der Wellen-Optik, mit Lichtstrahlen (also einem Begriff der geometrischen Optik) zu arbeiten.

Der Vorteil tiefer Theorien liegt darin, daß sie

- 1) spezifischer und besser bestimmt sind und daher
- 2) mehr Informationen liefern und folglich
- 3) besser prüfbar sind.

Da weniger tiefe Theorien den Phänomenen näher sind, nennt man sie auch phänomenalistische Theorien, im Gegensatz zu den "mechanistischen Theorien", die BUNGE auch repräsentativ nennt (vgl. 9.).

Die geringere Tiefe phänomenalistischer Theorien erklärt dann auch, warum diese den repräsentativen Theorien vorangehen und durch jene ergänzt werden.

14. Originalität (originality):

Unter Originalität versteht man die Eigenschaft von Theorien, kühne und unvermutete Konsequenzen hervorzubringen. Dies geschieht oft dadurch, daß völlig neue theoretische Terme eingeführt oder anscheinend beziehungslose Gebiete vereinheitlicht werden.

Originelle Theorien sind oft "schockierend". Sie führen zu wissenschaftlichen Revolutionen und stellen Meilensteine des wissenschaftlichen Fortschritts dar; denn Theorien, die nur Bruchstücke schon existierender Theorien und keine neuen Begriffe enthalten sowie schon verfügbaren Systemen stark ähnlich sind, können auch nur einen partiellen Fortschritt darstellen.

Die Originalität einer Theorie T kann natürlich immer nur relativ zum vorherigen (traditionellen) Wissen W bestimmt werden. Sie läßt sich fassen durch die Wahrheitsnähe der Prognosen, die auf Grund der Theorie T gestellt werden, verringert um die Wahrheitsnähe der Menge der Prognosen, die auf Grund von W gelten ³⁵⁾.

Jede Theorie, die eine alte überwinden will, muß eine gewisse

Portion Originalität enthalten:

"For any speculation which does not at first glance look crazy, there is no hope." 36)

Dies läßt sich sogar zu der allgemeinen Forderung erweitern, daß originelle und kühne Theorien gegenüber sicheren und traditionsnahen Systemen vorzuziehen sind.

Diese Forderung wird dadurch gerechtfertigt, daß originelle Theorien neue Wege des Denkens öffnen und daß die einflußreichsten Theorien der Wissenschaftsgeschichte anfangs recht gewagte und unsichere Provokationen des alten Wissens darstellten. Außerdem sind originelle Theorien sowohl tief und repräsentativ als auch ausdehnbar.

Originalität wird als intellektuelles Stimulans gefordert, vor allem aber auch, weil sie ein Zeichen dafür ist, daß bisher vernachlässigte Bereiche unserer Welt (neu) entdeckt worden sind.

15. Vereinheitlichungskraft (unifying power):

Hiermit bezeichnet man die Fähigkeit einer Theorie, bisher isolierte Bereiche der Wissenschaft zu verbinden oder gar zu umfassen. So vereinheitlicht die NEWTONsche Mechanik die terrestrische Mechanik und die Himmels-Mechanik.

Neben diesem Vereinheitlichungs-Effekt ist auch schon die Anwendbarkeit in verschiedenen Gebieten ein Zeichen der Vereinheitlichungskraft (z. B. die Anwendung der Spieltheorie in verschiedenen Disziplinen). (Deshalb nennt ZEIGER diese Eigenschaft auch "Interdisziplinäre Anwendbarkeit")

16. Elastizität / Stabilität (stability):

Für eine Theorie, die diese Charaktere hat, gilt:

- 1) Sie ist stabil, d. h. sie wird nicht sofort durch unerwartete Test-Ergebnisse so erschüttert, daß sie aufgegeben werden muß.
- 2) Sie ist elastisch, d. h. sie ist dazu fähig, aus neuer Erfahrung "zu lernen", also aus solcher Erfahrung, die sie (bisher) nicht fähig war vorauszusagen.

(Da 1) und 2) in gewisser Hinsicht einander bedingen, wurde das BUNGEsche "stability" mit "Elastizität / Stabilität" übersetzt.) Andererseits darf eine Theorie jedoch nicht so anpassungsfähig sein, daß beliebige Ereignisse - im Grenzfall sogar

widersprüchliche - in sie eingebaut werden können. Es dürfen also nicht alle beliebigen Ereignisse durch die Theorie erklärbar sein.

Elastische/stabile Theorien sind ein Ziel der Wissenschaft:

"Good theories, like good cars, are not those that cannot collide but rather those which can stand some repairs." ³⁷⁾

Dieses "Reparieren" der Theorien bezeichnet man als Exhaustion und versteht darunter die Stützung der Theorie gegen widerstreitende Erfahrung.

Eine gute Theorie muß (für BUNGE) also exhaustierbar sein, d. h. die Beibehaltung der Grundgesetze der Theorie muß durch Einführung gewisser Hilfshypothesen immer möglich sein. Dadurch macht man - in der heute kaum noch vertretenen strengen Interpretation der Exhaustion (DINGLER) - Definitionen und Gesetze

"zu ... streng allgemeinen und ausnahmslosen und zugleich in ihrer Geltung streng und absolut gesicherten." ³⁸⁾

Klassisches Beispiel für den Erfolg der Exhaustions-Methode ist die Entdeckung des Planeten Neptun:

Die Bahn des Planeten Uranus zeigte Abweichungen von der auf Grund des Gravitationsgesetzes der NEWTONschen Theorie berechneten Bahn. Demzufolge gab es die Alternative

- 1) Abänderung des Gravitationsgesetzes oder
- 2) Exhaustion dieses Gesetzes und damit der NEWTONschen Theorie durch Einführung von Störungshypothesen.

In diesem Fall wandte LEVERRIER das zweite Verfahren an und postulierte die Existenz eines weiter außen kreisenden Planeten (Neptun), der die Bahn des Uranus störte und der auf Grund seiner Berechnungen dann auch tatsächlich entdeckt wurde.

Die NEWTONsche Theorie ist also - zumindest in diesem Fall und für dieses Problem - eine stabile/elastische Theorie. Während BUNGE die Exhaustierbarkeit einer Theorie als positive Eigenschaft ansieht (s. Anm. 37)), steht POPPER ihr sehr skeptisch gegenüber ³⁹⁾.

Er wendet sich dabei allerdings primär gegen die Verabsolutierung der Exhaustions-Methode bei DINGLER, die ja das Ziel hat, Gesetze und Theorien absolut sicher zu machen.

Dies entspricht allerdings nicht dem tatsächlichen Vorgehen der Wissenschaft und widerspricht strikt dem POPPERSchen Wissenschaftsideal, weshalb POPPER diese Methode - bzw. eigentlich nur ihr Ziel - ablehnt.

Die Anwendung der Exhaustion (mit gemäßigten Zielen) ist auch bei POPPER möglich, allerdings nur unter der einschränkenden Bedingung, daß der Gehalt der Theorie durch die Exhaustion wachsen muß. (Ein Beispiel für die Erfüllung dieser Bedingung ist für POPPER die oben erläuterte Neptun-Entdeckung.)

GRÜNBAUM ⁴⁰⁾ vermutet allerdings, daß - gleich welche der Definitionen des Gehalts man zugrunde legt (vgl. 2.6) - eine Gehaltssteigerung durch Exhaustion der ursprünglichen Theorie nie erzielt werden könne. Damit wäre das POPPERSche Zulässigkeits-Kriterium für die Exhaustion überflüssig in dem Sinne, daß es überhaupt keine Exhaustion zuläßt.

Der Wert der Exhaustion liegt allerdings für STRÖKER ⁴²⁾ gerade darin, daß der Gehalt erhöht wird; denn erst durch Exhaustion werden die ursprünglich nur grob angenäherten Gesetze der Theorie präzisiert - und Präzision ist ein wesentlicher Faktor des Gehalts. Somit ermöglicht die Exhaustion eine "bessere Übereinstimmung mit der Realität". Als die Grundarten der Exhaustion nennt STRÖKER ⁴³⁾:

- 1) Das Abweichen der Erfahrung von der Vorhersage der Theorie wird - unter Konstant-Haltung des eigentlichen Aussagen-Bestandes der Theorie - durch Störfaktoren erklärt. Diese Störfaktoren haben oft den Charakter von Existenz-Aussagen und sind somit verifizierbar (vgl. die Neptun-Entdeckung). Gelingt diese Verifikation nicht, können weitere Exhaustionen - theoretisch ad infinitum - stattfinden. (Dies entspricht dem DINGLERSchen Begriff von Exhaustion.) Logische Inkonsistenz oder Kompliziertheit der Handhabung - die als Folge der fortwährenden Exhaustion auftreten können (vgl. PTOLEMÄISCHE Theorie) - können jedoch durchaus zur Aufgabe der Theorie führen.
- 2) Das Abweichen der Erfahrung von der Vorhersage der Theorie wird - contra DINGLER - durch Modifikationen der Theorie behoben. So können Definitionen geändert, bestimmte Gesetze uminterpretiert oder gar Teil-Strukturen der

Theorie abgeändert werden. (Der Kern der Theorie bleibt jedoch erhalten, so daß es sich tatsächlich noch um die gleiche Theorie handelt, und es somit sinnvoll ist, auch bei diesem Vorgehen noch von Exhaustion zu sprechen.)

BUNGE dürfte nun, wenn er von Anpassungsfähigkeit bzw. Reparaturfähigkeit einer Theorie spricht, ein gegenüber der radikalen Form DINGLERS gemäßigteres Verfahren der Exhaustion meinen, das beide obigen Aspekte einschließt. Eine stabile/elastische Theorie ermöglicht es also:

- 1) an ihr selbst festzuhalten (Verfahren 1) (Betonung auf Stabilität)
- 2) an einer modifizierten Form der Theorie festzuhalten (Verfahren 2) (Betonung auf Elastizität).

17. Erklärungskraft (explanatory power):

Eine Theorie hat eine große Erklärungskraft, wenn sie in einem möglichst weiten Bereich möglichst exakt und präzise die ihr gestellten Probleme durch Erklärung löst.

(Einzelheiten s. 2.5.1)

18. Prognosekraft (predictive power):

Eine Theorie mit großer Prognosekraft ist eine Theorie, die die Fähigkeit hat, bekannte und neue Tatsachen vorherzusagen.

(Einzelheiten s. 2.5.2)

19. Heuristische Kraft / Fruchtbarkeit (heuristic power / fertility):

Eine Theorie kann neue Forschungen im gleichen oder einem verwandten Anwendungsbereich anregen und sogar leiten. Eine solche Theorie hat dann eine große Fruchtbarkeit oder auch heuristische Kraft.

Repräsentativität und Tiefe bewirken größere Fruchtbarkeit. Es ist wichtig klarzustellen, daß Fruchtbarkeit nicht notwendig mit Wahrheit korreliert. ⁴⁴⁾

(Einzelheiten siehe 2.5.3 und 2.5.4)

20. Ausdehnbarkeit (extensibility):

Damit wird die Fähigkeit einer Theorie bezeichnet, auf

neue Bereiche ausgedehnt werden zu können. Sie steht in enger Beziehung mit der Fähigkeit einer Theorie, bisher unverbundene Bereiche und Phänomene zu verbinden und zu vereinheitlichen, also der interdisziplinären Anwendbarkeit.

21. Testfähigkeit / Erforschbarkeit (testability/scrutability):

Die Eigenschaft der Testfähigkeit bezieht sich sowohl auf die Theorie selbst, als auch auf ihre Voraussetzungen und auch die Techniken ihrer Überprüfung.

In solchen Theorien müssen sowohl die Prädikate als auch die methodologischen Voraussetzungen erforschbar und kontrollierbar sein, d. h. die Theorie muß prüfbare Konsequenzen haben und auch die Prüfungen müssen prüfbar sein (durch weitere Prüfungen).

Die Eigenschaft der Testfähigkeit umfaßt die Eigenschaften der Bestätigbarkeit und der Widerlegbarkeit. (vgl. 2.8)

22. Widerlegbarkeit (refutability):

Eine Theorie heißt widerlegbar, wenn man Bedingungen angeben kann, so daß es auf der Grundlage dieser Bedingungen möglich ist, die Theorie zu widerlegen.

Die Widerlegbarkeit einer Theorie ist für die Praxis der Wissenschaft von Bedeutung, da nicht widerlegbare Theorien unabhängig von der Erfahrung gelten würden.

Die Eigenschaft/Forderung der Widerlegbarkeit bezieht sich jedoch nicht auf alle Aussagen der Theorie: Eine Theorie kann sicherlich auch unwiderlegbare Aussagen enthalten; diese sollten dann aber zumindest bestätigt werden können. (vgl. 2.8)

23. Bestätigungsfähigkeit (confirmability):

Bestätigungsfähige Theorien haben bestimmte Konsequenzen, die mit der Beobachtung (innerhalb technisch möglicher Grenzen) übereinstimmen.

Die tatsächliche Bestätigung einer Theorie wird natürlich oft für die Annahme einer Theorie gefordert und ist einer der wichtigsten Faktoren der Adäquatheit ⁴⁵⁾.

Bestätigung ist jedoch keine Wahrheitsgarantie, da z. B. die Evidenz, mit der die Bestätigung erzielt wurde, ausge-

wählt oder uminterpretiert worden sein kann.

Aber - selbst wenn die Bestätigung ein ungenügender Begriff ist - ist sie für die Annahme von Theorien notwendig und unentbehrlich. (vgl. 2.8)

24. Methodologische Einfachheit (methodological simplicity):

Die methodologische Einfachheit bezeichnet die technische Möglichkeit, eine Theorie empirischen Tests zu unterwerfen. Und zwar müssen diese Tests mit sinnvoller Genauigkeit und innerhalb einer angemessenen Zeit möglich sein.

Wenn die vorgeschlagenen Tests so schwierig sind, daß man die Theorie dadurch nicht ernsthaft der Gefahr der Widerlegung (in absehbarer Zukunft) aussetzt, ist es nicht möglich, die Theorie hinsichtlich ihrer Problemadäquatheit und der Elastizität/Stabilität zu beurteilen.

Aber keine "tiefe" Theorie sollte verworfen werden, nur weil kein einfacher Test in Sicht ist: möglicherweise schafft sie selbst im Laufe der Zeit die experimentellen Techniken, die zu ihrer Prüfung nötig sind.

Methodologische Einfachheit muß in gemäßigtem Umfang gefordert werden; geht diese Forderung zu weit, so kann sie zerstörend und dem Fortschritt hinderlich sein.

Die Forderung nach methodologischer Einfachheit darf daher nicht in absolutem Sinne verstanden werden: sie bedeutet nur die prinzipielle technische Durchführbarkeit von empirischen Tests.

25. Bereichs - Einsparung (level-parsimony):

Diese Eigenschaft läßt sich durch folgende Faktoren erläutern:

- a) Die Fakten eines Bereichs werden nur innerhalb des eigenen Levels untersucht. Weitere Levels werden nur eingeführt, wenn es unbedingt nötig ist.
- b) Ein höherer Bereich wird, wenn nötig, durch einen niedrigeren erklärt und nicht umgekehrt.
- c) Auseinanderliegende Levels sollen nach Möglichkeit nicht eingeführt werden, ohne auch die dazwischenliegenden zu berücksichtigen.

Wird diese Eigenschaft zur Forderung an die Theorie, so

kann man diese Bedingung als "Verbot der Vielschichtigkeit" bezeichnen.

26. Metawissenschaftliche Verträglichkeit (metascientific soundness):

Eine Theorie, die diese Eigenschaft hat, ist mit fruchtbaren metawissenschaftlichen Prinzipien verträglich. Solche Prinzipien sind z. B. die Postulate der Gesetzesartigkeit und Rationalität sowie die Gesamtheit der metanomologischen Aussagen ⁴⁶⁾.

27. Weltanschauungs-Verträglichkeit (world-view compatibility):

Damit bezeichnet man die Verträglichkeit einer Theorie mit der herrschenden Weltanschauung oder zumindest mit dem gemeinsamen Kern der Auffassungen, die die kompetentesten Wissenschaftler der Zeit vertreten ⁴⁷⁾.

Erhebt man diese Eigenschaft zur Forderung, so wirkt sie als Stabilisator: einerseits führt sie - zusammen mit der "externen Konsistenz" (die Weltanschauungs-Verträglichkeit ist ein Faktor der externen Konsistenz) - zur Verwerfung spekulativer Theorien; andererseits kann sie zur Verhinderung fälliger wissenschaftlicher Revolutionen führen.

Deshalb muß die Forderung der Weltanschauungs-Verträglichkeit mit Vorsicht angewandt werden.

Jedenfalls spielt dieses Moment in die Theorie-Bewertung hinein, und es ist besser, sich dessen bewußt zu sein, als bei der Bewertung von Theorien durch unwissenschaftliche Weltanschauungen geleitet zu werden (was man im Bewußtsein der Bedeutung dieses Faktors vermeiden kann).

2.2. Ästhetische Charaktere

Oft wird über Theorien - besonders über neu entwickelte - geurteilt, sie seien elegant oder schön. Über Wert und Sinn solcher Äußerungen und die Möglichkeit, solche Urteile objektiv zu begründen, herrschen jedoch sehr verschiedene Ansichten.

So bemerkte der bekannte Physiker L. BOLTZMANN ⁴⁸⁾, daß die Eleganz den Schneidern und Schuhmachern überlassen bleiben müsse. Außerdem wechseln ästhetische Maßstäbe im Laufe der Zeit, da sie vom Zeitgeschmack abhängig sind.

Daraus entwickelte sich in der Folgezeit die Auffassung, daß ästhetische Wertungen auf wissenschaftliche Theorien schlechthin unanwendbar seien.

Dem ist jedoch nicht so ⁴⁹⁾:

"Die Resultate der wissenschaftlichen Forschung sollen dem Menschen mehr als andere Formen seiner Tätigkeit einen ästhetischen Genuß bereiten. Der Eindruck des Schönen, Eleganten und Vollkommenen entsteht beim Menschen nicht nur, wenn er materielle Dinge, sondern auch, wenn er die Produkte seiner in dieser oder jener Form materialisierten geistigen Tätigkeit rezipiert."

So ist z. B. ein Mathematiker über die Ableitung einer Gleichung genauso entzückt wie ein Künstler über eine Skulptur. Ein wissenschaftliches Problem auf elegante Weise zu lösen, ist ebensogut möglich wie der elegante Vortrag eines Musikstückes.

Eine besondere Bedeutung erhalten ästhetische Betrachtungen für die Vertreter der Inkommensurabilitätsthese. So bleiben für FEYERABEND ⁵⁰⁾ nur noch ästhetische und subjektive Urteile, um Theorien beurteilen und vergleichen zu können. Dies sieht er jedoch nicht als Mangel an, da auch solche Urteile durchaus argumentativ behandelt werden können.

Zu einer ähnlichen Betonung der Bedeutung ästhetischer Momente in den Paradigmendebatten gelangt auch KUHN ⁵¹⁾:

"Etwas muß wenigstens einigen Wissenschaftlern das Gefühl geben, daß der neue Vorschlag auf dem richtigen Weg ist, manchmal sind es nur persönliche und unartikulierte ästhetische Erwägungen, die das tun können." und

"Sogar heute noch zieht die EINSTEINSche allgemeine Theorie die Menschen in erster Linie aus ästhetischen Gründen an, eine Anziehung, die nur wenige Nichtmathematiker nachempfinden können." 52)

Während KUHN und FEYERABEND den Vergleich von Theorien auf der Basis einer metamathematischen Ästhetik propagieren, stellt SPINNER 53) die Möglichkeit und Effektivität solcher Vergleiche in Frage, da:

1. ästhetische Kriterien nirgends definiert sind
2. ihre erkenntnistheoretische Relevanz fragwürdig ist
3. ihr konkreter Aussagenwert unbestimmt ist.

Folglich muß man sich vor jeder weiteren Diskussion zuerst einmal fragen, was mit ästhetischen Eigenschaften von Theorien überhaupt gemeint ist:

Bei seiner Explikation ästhetischer Begriffe kommt BUNGE 54) zu dem Schluß, daß Eleganz und Schönheit keine unabhängigen, sondern nur abgeleitete Charakterisierungen sind: Eine Theorie erweckt ein ästhetisches Gefühl in uns, wenn sie logisch durchdacht und geordnet, exakt, tief, weit und originell ist - und wenn wir an dem Subjekt interessiert sind. Sehr oft bezeichnen ästhetische Urteile über Theorien auch nichts anderes als Wertungen über die Einfachheit der jeweiligen Theorie (siehe 2.7).

Einen interessanten Versuch, ästhetische Charakterisierungen zu präzisieren, unternimmt BENSE 55), zurückgreifend auf BIRKHOFF 56). Er vollzieht dabei einen Übergang von einer gegenständlichen Auffassung der Ästhetik zu einer semantischen. Für BENSE hängt die Ästhetik ab von:

1. dem Grad der Komplexität und
2. dem Grad der Ordnung der beteiligten Elemente.

Zurückgreifend auf BIRKHOFF kann man dann in Präzisierung dieses Ansatzes ein Maß zur graduellen numerischen Bewertung des ästhetischen Zustandes von Objekten definieren als das zahlenmäßig bestimmbare Verhältnis von dieser Ordnung und der Komplexität (Ordnung : Komplexität). Diese Zahl bezeichnet man als "BIRKHOFFschen Maßquotienten" oder auch als "ästhetischen Quotienten".

Der Ansatz von BIRKHOFF und BENSE ist recht umfassend, da sich Ordnung und Komplexität auf die verschiedensten Momente

der Theorie beziehen können (z. B. syntaktische oder semantische) (siehe dazu 2.7).

So gehören auch die Länge der Wörter und vor allem Sätze zu den Faktoren, die ein ästhetisches Urteil beeinflussen. Außerdem wird sowohl die Ordnung als auch die Komplexität durch die Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten bewertet, mit der konstituierende Elemente auftreten.

Der ästhetische Zustand ist also ein Zustand, der durch statistische Auszählungen relativ leicht zu charakterisieren ist.

Diese Verfahren sind bei gegebenen Texten (siehe Ansätze der Texttheorie, Mikroästhetik, Makroästhetik) durchaus praktikabel; um sie auch zur ästhetischen Einschätzung von Theorien benutzen zu können, müßte man also nur noch Texte auszeichnen, die charakteristisch für eine bestimmte Theorie sind. Somit sind (vgl. die Ansätze von BUNGE, BIRKHOFF und BENSE) - contra SPINNER - ästhetische Urteile durchaus objektiv begründbar.

Folglich braucht ⁵⁷⁾ das Elegante und Schöne in der wissenschaftlichen Forschung allgemein und in der Bewertung einer Hypothese/Theorie im besonderen keineswegs zu stören.

Wir müssen uns von diesen ästhetischen Eigenschaften der Theorien nur richtig leiten lassen und ihnen keine absolute Bedeutung zumessen. Sie dürfen nicht zu erkenntnisleitenden Forderungen an die Theorien erhoben werden. Sie sollen als untergeordnete Momente betrachtet werden, die allerdings durchaus aktiv zur Gewinnung von Wissen beitragen können, da sie durch ihre Wirkung auf die Menschen diese zu neuem Forschen stimulieren; denn je eleganter und einfacher eine Theorie ist, um so mehr wird an ihr und mit ihr gearbeitet:

"Die ästhetische Einstellung zur Welt [und eine daraus resultierende Berücksichtigung der ästhetischen Eigenschaften von Theorien], fördert somit nicht nur das künstlerische, sondern auch das wissenschaftliche Schaffen." ⁵⁸⁾

2.3---(Ab-)Geschlossenheit und Vollständigkeit

Einige wissenschaftliche Theorien gelten - zumindest für den Zeitraum, wo sie allgemein anerkannt werden ⁵⁹⁾ - als ein relatives Optimum in dem Sinne, daß sie kaum verbessert werden können: man kann - wenigstens für einen einmal gegebenen Gültigkeitsbereich - nichts wesentlich Neues hinzufügen (die Theorie ist abgeschlossen) und es wird auch nicht für notwendig erachtet, noch etwas hinzuzufügen (da die Theorie vollständig ist).

Diese beiden Charaktere der Abgeschlossenheit und Vollständigkeit - die das Ideal wissenschaftlicher Theorien zu kennzeichnen scheinen - sollen im folgenden näher untersucht werden.

2.3.1 (Ab-)Geschlossenheit

"Die relative Geschlossenheit der wissenschaftlichen Theorien besteht darin, daß sie Gebilde sind, die sich dem freien Zu- und Abgang von Begriffen und Aussagen verhältnismäßig stark sperren und verschließen." ⁶⁰⁾

Dieses Sperren gegen den freien Zugang neuer Elemente differiert von Theorie zu Theorie. Folglich kann man sogar von einem Grad der Geschlossenheit wissenschaftlicher Theorien sprechen.

Wenn eine Theorie keinerlei Zu- und Abgänge zuläßt, bezeichnet JOLON ⁶¹⁾ sie als geschlossen. In geschlossenen Theorien ist es also nicht möglich, neue Elemente einzufügen oder alte zu eliminieren, ohne die bisherige Harmonie der einzelnen Komponenten der Theorie zu stören.

Wenn die Theorie jedoch Zugänge ermöglicht - was allerdings meist mit Umgestaltungen von Teilstrukturen der Theorie verbunden ist - bezeichnet man sie als offen. ⁶²⁾

Es muß allerdings betont werden, daß es keine absolut geschlossenen Theorien gibt und auch keine Theorien, die keinerlei Beschränkung für den freien Zugang von neuen Elementen enthalten (also absolut offene Theorien).

Außerdem hängt die Geschlossenheit oder Offenheit der Theorie nicht nur von der Theorie selbst, sondern auch vom Typ der Aussage ab, die zu der Theorie hinzugefügt (aus der Theorie eliminiert) werden soll. So ist es durchaus möglich,

daß eine Theorie offen gegen einen Aussagen-Typ ist und geschlossen hinsichtlich eines anderen Typs. ⁶³⁾

Geschlossene Theorien sind stabile und relativ selbständige theoretische Gebilde, was allerdings zur Folge hat, daß sie relativ konservativ sind und somit nicht leicht "aus der Erfahrung lernen" können.

Diese Stabilität der Theorie ist es jedoch, die den Ausgangspunkt verschiedener Definitionen bzw. Auffassungen von "Abgeschlossenheit einer Theorie" bildet:

Jede Theorie hat nur innerhalb eines begrenzten Bereichs Gültigkeit. Wendet man sie außerhalb dieses Bereichs an, so verliert sie ihre Gültigkeit.

So versteht HEISENBERG ⁶⁴⁾ unter einer abgeschlossenen Theorie ein System von Axiomen, Definitionen und Gesetzen, mit deren Hilfe ein großer Bereich von Phänomenen richtig und widerspruchsfrei beschrieben, d. h. mathematisch abgebildet werden kann. (Dabei bedeutet "richtig", daß die Experimente die aus dem Formalismus folgenden Prognosen bestätigen müssen.) Die Stabilität abgeschlossener Theorien wird am Beispiel der ältesten abgeschlossenen Theorie - der NEWTONschen Mechanik - deutlich:

Sie behält ihre Gültigkeit in dem Bereich, wo ihre Begriffe angewendet werden können und braucht in ihrem Anwendungsbereich nicht durch die Quantenmechanik ersetzt zu werden. Eine solche Argumentation kann jedoch leicht zirkulär werden: "Gültig" wird - vor allem in der instrumentalistischen Auffassung von Theorien - oft als "anwendbar" interpretiert. Damit jedoch degeneriert das obige Argument zu: Die NEWTONsche Mechanik ist anwendbar, wo sie anwendbar ist.

V. WEIZSÄCKER ⁶⁵⁾ versteht unter abgeschlossener Theorie eine Theorie, die durch kleine Änderungen nicht verbessert werden kann (also analog zur Geschlossenheit bei JOLON).

Als Kriterium der Verbesserung einer Theorie gilt für ihn - zumindest in der Physik - das Maß der Übereinstimmung der Theorie mit der schon vorliegenden oder vorhergesagten Erfahrung (wobei allerdings offen bleibt, worin diese "Übereinstimmung von Theorie und Erfahrung" besteht).

Die Auffassung, daß viele Theorien unserer Erkenntnis abgeschlossen (im Sinne V. WEIZSÄCKERS) sind, stützt

HEISENBERG ⁶⁶⁾ durch:

- a) historische Argumentation (z. B. die NEWTONsche Theorie)
- b) das Argument, daß abgeschlossene Theorien vielfach experimentell bestätigt und somit relativ stabil sind.

Er ist sich dabei durchaus bewußt, daß dies keine logisch exakte Argumentation ist, will damit jedoch zum Ausdruck bringen, daß die einzelnen Phänomene des Erfahrungsbereichs und somit der Anwendungsbereiche von Theorien eng zusammenhängen und nicht unabhängig voneinander verstanden werden können.

HEISENBERG glaubt an die endgültige Richtigkeit abgeschlossener Theorien (was auf Grund seiner Definition klar ist);

V. WEIZSÄCKER dagegen hält abgeschlossene Theorien für kein absolutes, aber immerhin für ein relatives Optimum. ⁶⁷⁾

Außerdem erhalten abgeschlossene Theorien für ihn dadurch eine besondere Bedeutung, daß die späteren die vorhergehenden als Spezial- oder Grenzfall umfassen.

Analog zu V. WEIZSÄCKER definiert LORENZEN ⁶⁸⁾ die Abgeschlossenheit eines Bereichs der Erkenntnis (also z. B. einer Theorie):

Ein Teilbereich wissenschaftlicher Erkenntnis heißt abgeschlossen, wenn es kein Experiment (bekannt oder noch unbekannt) außerhalb dieses Teilbereichs gibt, dessen Ergebnis einen Einfluß auf den Stand der Erkenntnis innerhalb dieses Teilbereichs hat.

Bemerkenswert ist, daß LORENZEN darauf aufbauend zu einer unorthodoxen Definition von Wahrheit kommt:

Auf einem abgeschlossenen Teilbereich wissenschaftlicher Erkenntnis wählt man eine beliebige Theorie aus und bezeichnet sie mit T_1 . Dann wählt man sukzessive weitere Theorien aus und prüft, ob es ein bekanntes Experiment gibt, das von dieser Theorie erklärt wird, aber nicht von den bisherigen jeweils n -vielen. Ist dies der Fall, wird diese Theorie in die Folge von Theorien aufgenommen und mit T_{n+1} bezeichnet, andernfalls nicht. Indem man dieses Verfahren (gedanklich) auch in die Zukunft fortsetzt, gelangt man zu einer abzählbaren (endlichen oder unendlichen) Menge M von Theorien, für die gilt:

(B): Es gibt in M zu jeder Theorie T_n und zu jedem Experiment

E_1 (bekannt oder noch unbekannt), das von T_n nicht er-

klärt wird oder das T_n widerlegt, eine Theorie T_r , die die von T_n erklärten Experimente mindestens ebenso genau und zusätzlich auch noch E_i erklärt.

Diese Voraussetzung gewährleistet, falls M endlich ist, daß die Theorie mit dem höchsten Index alle bekannten und unbekannten Experimente des Bereichs erklärt.

Falls M abzählbar unendlich ist, definiert LORENZEN eine Topologie (im strengen mathematischen Sinne) auf M ⁶⁹⁾. Bzgl. dieser Topologie konstruiert er dann eine sogenannte Einpunkt-Kompaktifizierung. Der Punkt, der zur Kompaktifizierung hinzugenommen wird, ist gleichzeitig Grenzwert der Folge (T_n) von Theorien und kann - wie im endlichen Fall die Theorie mit dem höchsten Index - als Wahrheit bezeichnet werden. Somit ist es unter der Voraussetzung der Abgeschlossenheit des betrachteten Bereichs möglich - allein auf Grund der Bedingung (B) - eindeutig "Wahrheit" zu definieren. Andere Voraussetzungen als (B) - wie Prüfbarkeit oder Einfachheit - sind höchstens für die Frage bedeutsam, wie schnell die betrachtete Folge konvergiert.

2.3.2 Vollständigkeit

Eng verbunden mit dem Begriff der "(Ab-)Geschlossenheit" ist der Begriff der "Vollständigkeit".

So sind geschlossene Theorien (im Sinne JOLONS) beschreibungsmäßig vollständig (Erläuterung s. u.).

Die Forderung nach der Vollständigkeit der Theorie kann sich auf verschiedene Komponenten der Theorie beziehen, z. B. auf:

- a) die Beschreibungen, die die Theorie liefert (s. "beschreibungsmäßig vollständig")
- b) die Erklärungen, die die Theorie liefert (s. "vollständig")
- c) das deduktive Gerüst der Theorie (s. "deduktiv vollständig")
- d) die Begriffe der Theorie bzw. deren Definiertheit (s. "begriffliche Vollständigkeit")
- e) die Beweisbarkeit und Widerspruchsfreiheit der Aussagen (s. "adäquat vollständig" und "logisch deduktiv vollständig")

Eine Theorie wird als beschreibungsmäßig vollständig bezeichnet, wenn in ihr so viele Beschreibungs-Details vorhanden sind, wie für den Bereich, auf dem die Theorie gilt, erwünscht sind ⁷⁰⁾. Dabei muß man aber berücksichtigen, daß eine Theorie, bzw.

sogar die ganze Wissenschaft nie vollständig in dem Sinne ist und sein kann, daß jedes letzte Detail aufgezeichnet wird. Die Auffassung darüber, ob unser Wissen (beschreibungsmäßig) vollständig ist, ändert sich im Verlaufe der Entwicklung der Wissenschaft. So glaubten wir zu Beginn dieses Jahrhunderts ein relativ vollständiges Wissen über unser Sonnensystem zu haben. Paradoxerweise hat sich diese Vorstellung durch neue Entdeckungen - also eigentlich weitere Vervollständigung des Wissens - die neue Probleme offenbarten, als unhaltbar erwiesen. Wenn man außer dem reinen Beschreiben auch noch weitere Funktionen von Theorien mitberücksichtigt, kann man definieren: Eine Theorie ist vollständig ⁷¹⁾, wenn so viele Beschreibungs-Details vorhanden sind, wie sie für den Anwendungsbereich der Theorie erwünscht sind, und wenn die Theorie alle in ihrem Anwendungsbereich vorkommenden Fakten hinreichend erklärt. Diese Vollständigkeit steht in enger Beziehung zur Abgeschlossenheit im HEISENBERG'schen Sinne. Eine ähnliche Intention wird auch bei folgender Definition verfolgt ⁷²⁾:

Eine Theorie ist deduktiv vollständig (oft auch: semantisch vollständig), wenn ihr Axiomensystem alle bekannten Gesetze in ihrem Anwendungsbereich entweder als Axiome enthält oder als Theoreme nach sich zieht.

Wenn eine Theorie/ein Axiomensystem in einem gegebenen Anwendungsbereich ein bekanntes Gesetz nicht umfaßt, muß sie um dieses Gesetz vervollständigt werden, entweder durch ein zusätzliches Axiom oder durch Verstärkung der ursprünglichen Axiome (um dann daraus das neue Gesetz abzuleiten).

So offensichtlich diese Forderung klingt, so schwer ist sie zu erfüllen; aber sie muß zumindest als Ziel gelten.

Der Prozeß der Vervollständigung einer Theorie stößt an seine Grenzen, wenn man schließlich zu syntaktisch vollständigen Theorien gelangt. Darunter versteht man Theorien, bei denen durch Hinzufügung eines beliebigen Theorems die (syntaktische) Widerspruchsfreiheit zerstört wird.

Es läßt sich zeigen, daß jedes syntaktisch vollständige System auch semantisch vollständig ist und daß somit ein solches System das Endstadium jedes Vervollständigungs-Prozesses darstellt. ⁷³⁾

Zu beachten ist noch, daß die Forderung der Vollständigkeit sich nur auf die Gesetzes-Aussagen eines Bereichs bezieht, nicht auf alle beliebigen Aussagen; denn:

Alle Theorien müssen unvollständig in dem Sinne sein, daß sie durch Hypothesen erweitert und bereichert werden können. Andernfalls wären sie gegen neue Erkenntnisse (ab-)geschlossen (im Sinne JOLONS).

Um eine Theorie zu prüfen, müssen gewisse spezielle Aussagen (Anfangs-Bedingungen u. ä.) hinzugefügt werden, die zu speziell sind, um als Axiome genommen zu werden. Eine vollständige Theorie, die die Vollständigkeit auch für solche speziellen Aussagen fordert, wäre unfähig, neue Fälle zu behandeln.

Die Forderung der Vollständigkeit sollte sich also nur auf den (axiomatisierten) Kern der Theorie beziehen.

Neben der oben genannten existiert noch eine weitere Definition von deduktiver Vollständigkeit eines Systems ⁷⁴⁾, die ich jedoch zur Unterscheidung von obigem Begriff "logische deduktive Vollständigkeit" nennen möchte:

Ein widerspruchsfreies System heißt logisch deduktiv vollständig, wenn für jede Aussage des Systems gilt, daß entweder diese Aussage oder ihre Negation beweisbar ist. In einem solchen System gibt es also keine Aussage, über deren Gültigkeit Unklarheit herrscht.

Diese Eigenschaft von Theorien ist nicht selbstverständlich, denn GÖDEL zeigte mit seinem "GÖDELSchen Unvollständigkeitssatz", daß gewisse Systeme nicht logisch deduktiv vollständig sind.

Neben diesen Vollständigkeits-Begriffen gibt es noch die "begriffliche Vollständigkeit" einer Theorie ⁷⁵⁾. Damit ist gemeint, daß die Axiome der Theorie notwendige und hinreichende Bedingungen für die Bedeutung der (undefinierten) Basis-Begriffe der Theorie liefern, so daß diese sowohl mathematisch als auch einzelwissenschaftlich sinnvoll werden. Überdies sollte sogar jedes einzelne Axiom den Begriffen einen Sinn vermitteln. Zweck dieser Forderung ist es, daß jedes Axiom - z. B. als Folge der Erkenntnis, daß das ganze Axiomen-System inkonsistent ist - durch sein Gegenteil ersetzt werden kann.

Diese Forderung ist allerdings in der Praxis nur sehr schwer realisierbar, da die Bedeutungen von Begriffen - zumindest in naturwissenschaftlichen Theorien - nur durch die jeweils ganze Theorie festgelegt werden und auch das nur in Umrissen.

Ein weiterer Vollständigkeits-Begriff ist der folgende: Ein deduktives System heißt "adäquat vollständig", wenn das System widerspruchsfrei ist und wenn alle Aussagen des Systems, die für eine gegebene Interpretation wahr sind, auch innerhalb des Systems beweisbar sind.

Die Anwendung dieses Begriffs setzt allerdings die (fragliche) Existenz eines Wahrheitskriteriums außerhalb des Systems voraus.

Der Begriff der logischen deduktiven Vollständigkeit ist stärker als der der adäquaten Vollständigkeit; d. h. es gibt deduktive Systeme, die adäquat vollständig aber nicht logisch deduktiv vollständig sind, während alle logisch deduktiv vollständigen auch adäquat vollständig sind.

Bei all diesen Begriffs-Bildungen muß man aber immer berücksichtigen, daß jede Beschreibung angesichts der unendlichen Vielfalt des zu Beschreibenden immer nur partiell und selektiv ist. Die Natur ist immer unendlich reichhaltiger als ihr Abbild in der Wissenschaft; wir können immer nur einzelne Aspekte erfassen.

Somit ist die (z. B. beschreibungsmäßige) Vollständigkeit ein unerreichbares Ideal und immer nur in einem gemäßigten pragmatischen Sinn als Orientierungsziel brauchbar.

2.4 Empirische Signifikanz

Ein bedeutsamer Aspekt zur Charakterisierung von Theorien ist die empirische Signifikanz, d. h. der empirische Sinn, den die Theorie hat.

Im Laufe der Zeit wechselten die Auffassungen und Definitionen des Begriffs der empirischen Signifikanz sehr stark.

Als Adäquatheitsbedingungen, denen jede Definition von kognitiver Signifikanz (STEGMÜLLER lehnt diesen Begriff ab und spricht stattdessen von empirischer Signifikanz) genügen muß, nennt HEMPEL ⁷⁷⁾:

Wenn eine Aussage - gemäß einem vorgegebenen Kriterium des kognitiven Sinns - nicht-signifikant ist, so muß

- 1) auch ihre Negation nicht-signifikant sein
- 2) auch die Konjunktion oder Adjunktion zu einer beliebigen (gemäß dem gegebenen Kriterium signifikanten oder nicht-signifikanten) anderen Aussage nicht-signifikant sein.

Die konkrete Bestimmung kognitiv signifikanter Aussagen kann z. B. durch bestimmte Bedingungen geschehen, die an die Terme der Aussagen gestellt werden.

Solche Bedingungen an die Terme, die dann als kognitiv signifikant bezeichnet werden, sind nach HEMPEL ⁷⁸⁾ z. B.:

- (1) die Forderung nach Definierbarkeit, die besagt, daß ein Term mit empirischer Signifikanz mit Hilfe von Beobachtungs-Aussagen explizit definierbar sein muß;
- (2) die Forderung nach Reduzierbarkeit, die besagt, daß empirisch signifikante Terme auf der Grundlage von Beobachtungstermen mittels Ketten von Reduktions-Aussagen einführbar sein müssen.

(1) scheitert z. B. an den Schwierigkeiten, die Dispositionsbegriffe exakt zu fassen, und (2) erweist sich als unangemessen zur Einführung theoretischer Begriffe.

Daraus zieht HEMPEL ⁷⁹⁾ den Schluß, daß Definitionen von "empirischer/kognitiver Signifikanz" nicht mittels Forderungen an die Terme lösbar sind, sondern daß man die kognitive Signifikanz ganzen theoretischen (Aussagen-)Systemen zuschreiben muß.

Entscheidendes Zeichen kognitiver Signifikanz scheint das Vorhandensein einer partiellen Interpretation in Beobachtungs-

termen zu sein oder präziser:

"Ein theoretisches System ist kognitiv signifikant genau dann, wenn es partiell in dem Maße interpretiert ist, daß in keinem System, das ihm äquivalent ist, wenigstens eine primitive Aussage isoliert ist"; ⁸⁰⁾

d. h. ihre Auslassung aus dem theoretischen System hätte keine Wirkung auf das Erklärungs- und Voraussagevermögen der Theorie hinsichtlich potentieller Beobachtungsphänomene. Die Standard-Ansätze zur Definition der empirischen Signifikanz - die HEMPEL ⁸¹⁾ darstellt und die von STEGMÜLLER ⁸²⁾ rekonstruiert werden - bestimmen die empirische Signifikanz von Aussagen, über die man dann natürlich die empirische Signifikanz ganzer Theorien feststellen kann.

Für HEMPEL ⁸³⁾ ist eine Aussage nur dann sinnvoll, wenn sie:

- a) analytisch oder kontradiktorisch ist (logischer Sinn)
- b) wenigstens prinzipiell an der Erfahrung überprüft werden kann (empirischer Sinn).

Grundlage dafür ist die empiristische Grundthese, daß Wahrheit oder Falschheit synthetischer Aussagen nur auf empirischem Wege festgestellt werden können, d. h. daß - contra KANT - durch reines Nachdenken sich keine Wahrheiten über die reale Welt ermitteln lassen.

Bevor man jedoch die Frage aufwirft, ob eine Aussage empirisch zulässig und sinnvoll ist, muß die Frage nach der syntaktischen Korrektheit positiv beantwortet werden. Eine Erörterung des Signifikanz-Problems kann also erst dann erfolgen, wenn die Struktur der Wissenschaftssprache geklärt ist. Somit gibt es nach STEGMÜLLER ⁸⁴⁾ immer zwei notwendige Kriterien der empirischen Signifikanz, die im Laufe der Diskussion nahezu unverändert blieben:

I) Die Klasse der empirisch signifikanten Sätze ist eine echte Teilklasse der Klasse der syntaktisch zulässigen Sätze.

II) Eine synthetische Aussage ist genau dann empirisch signifikant, wenn sie entweder wahr oder falsch ist.

Zu diesen beiden Kriterien tritt jedoch immer noch ein drittes hinzu, das sich im Laufe der Diskussion stark änderte. STEGMÜLLER gliedert diese Kriterien in insgesamt drei Klassen, die er dann weiter differenziert:

III.1) Relationale Kriterien der empirischen Signifikanz:

Eine synthetische Aussage ist genau dann empirisch signifikant, wenn es Beobachtungssätze gibt, zu denen diese Aussagen in einer deduktiven Relation stehen.

III.2) Übersetzungskriterium der empirischen Signifikanz:

Eine synthetische Aussage ist genau dann empirisch signifikant, wenn sie in eine empiristische Aussage übersetzbar ist.

(Dabei werden die Bedeutung der logischen Ausdrücke und die Bedeutung der Namen und Prädikate als vollständig interpretiert vorausgesetzt.)

III.3) Zweistufenkriterium der empirischen Signifikanz:

- a) Übersetzungskriterium der empirischen Signifikanz für die Beobachtungssprache
- b) Signifikanzkriterium für theoretische Sätze (CARNAPs Kriterium)

ad III.1

Dabei ist der Begriff der Beobachtbarkeit ein zentraler Begriff. Er bleibt ein undefinierter Grundbegriff, der jedoch erläutert wird. Interessant ist allerdings, daß die Einwände gegen die verschiedenen relationalen Kriterien der empirischen Signifikanz unabhängig von dem dabei benutzten Begriff der Beobachtbarkeit sind.

Im einzelnen gab es verschiedene Fassungen dieses Typs des Kriteriums:

- (E 0) Eine Aussage hat einen empirischen Sinn, wenn sie wenigstens prinzipiell durch Beobachtungen vollständig verifiziert werden kann. ⁸⁵⁾

Die Verifikationsmöglichkeit muß dabei in einem logischen, nicht in einem empirischen Sinn verstanden werden.

Eine Modifikation dieses Kriteriums, das die Auffassung des frühen Wiener Kreises wiedergab, ist das folgende:

- (E 1) "Eine Aussage hat einen empirischen Sinn genau dann, wenn sie nicht analytisch ist und aus einer endlichen und logisch konsistenten Klasse von Beobachtungsaussagen logisch folgt." ⁸⁶⁾ (STEGMÜLLER ⁸⁷⁾ spricht statt von "empirischem Sinn" von "empirischer Signifikanz".) Dieses Kriterium ist jedoch zu eng, da es alle Gesetzes-

(All-)Aussagen ausschließt und damit auch alle Theorien, die sich ja aus Gesetzes-Aussagen zusammensetzen; denn: All-Aussagen können nie aus endlich vielen Beobachtungs-Aussagen abgeleitet werden.

Als konverse Fassung zu (E 1) wurde deshalb vorgeschlagen:

(E 2) "Eine Aussage hat einen empirischen Sinn genau dann, wenn ihre Negation nicht analytisch ist und aus einer endlichen logisch konsistenten Klasse von Beobachtungsaussagen logisch folgt." ⁸⁸⁾

POPPER faßt dieses Kriterium der prinzipiellen Falsifizierbarkeit nicht als Signifikanzkriterium sondern als Abgrenzungskriterium auf: ⁸⁹⁾

"Man beachte, daß ich die Falsifizierbarkeit als Abgrenzungskriterium und nicht als Sinnkriterium vorschlage."

Auch dieses Kriterium erweist sich jedoch als zu eng, da es Existenz-Aussagen ausschließt, die ja nie schlüssig falsifiziert werden können.

Deshalb versuchte man eine Vereinigung des Verifizierbarkeits- und des Falsifizierbarkeitskriteriums:

(E 3) "Eine synthetische Aussage ist genau dann empirisch signifikant, wenn sie entweder die Bedingung (E 1) oder die Bedingung (E 2) erfüllt." ⁹⁰⁾

Hierdurch werden jedoch Sätze mit gemischten Quantoren als nicht signifikant ausgeschlossen.

Ein weiteres Kriterium, das auf dem Begriff der prognostischen Relevanz basiert, ist das Kriterium der unvollständigen Bestätigungsfähigkeit von AYER:

(E 4) "Eine Aussage S ist genau dann empirisch signifikant, wenn es endlich viele Aussagen gibt, aus deren konjunktiver Zusammenfassung mit S eine Beobachtungsaussage logisch gefolgert werden kann, die aus jenen anderen Aussagen allein nicht zu folgern ist." ⁹¹⁾

Danach wäre jedoch - wie AYER selbst feststellte - jede beliebige Aussage empirisch signifikant. ⁹²⁾

Deshalb modifizierte er dieses Kriterium zu:

(E5) "Eine Aussage S ist genau dann empirisch signifikant, wenn sie empirisch bestätigungsfähig ist, d. h. wenn sie direkt oder indirekt bestätigungsfähig ist." ⁹³⁾

Dabei heißt eine Aussage S direkt bestätigungsfähig, wenn

sie selbst eine Beobachtungs-Aussage ist oder wenn eine Beobachtungs-Aussage aus S und endlich vielen weiteren Beobachtungssätzen logisch gefolgert werden kann, die aus diesen Beobachtungssätzen allein nicht folgt. Sie heißt indirekt bestätigungsfähig, wenn es endlich viele Aussagen gibt, die entweder direkt bestätigungsfähig sind oder bereits früher als indirekt bestätigungsfähig erwiesen wurden, so daß aus der Konjunktion von S und den endlich vielen Aussagen direkt bestätigungsfähige Aussagen gefolgert werden können, die aus den ursprünglichen Aussagen allein nicht zu folgern sind.

A. CHURCH zeigte jedoch, daß auch dieses Kriterium inadäquat ist.⁹⁴⁾

STEGMÜLLER⁹⁵⁾ vermutet nun, daß ein ähnliches Schicksal allen relationalen Signifikanzkriterien beschieden sein wird, wie raffiniert ausgeklügelt die zugrunde liegende Relation auch sein mag.

Völlig analog kam auch schon HEMPEL⁹⁶⁾ zu dem Schluß, daß die Suche nach einem angemessenen Kriterium auf der Grundlage von Ableitbarkeitsbeziehungen zu Beobachtungs-Aussagen nutzlos ist.

ad III.2

Eingeleitet von CARNAPS [Testability and Meaning] begann das zweite Stadium der Signifikanz-Diskussion, dessen Charakteristikum das Übersetzungskriterium der empirischen Signifikanz ist:

(E 6) "Eine Aussage hat einen kognitiven Sinn genau dann, wenn sie in eine empiristische Sprache übersetzbar ist."⁹⁷⁾

oder: "Ein synthetischer Satz ist empirisch signifikant genau dann, wenn er in L_E ⁹⁸⁾ übersetzbar ist."⁹⁹⁾

Da diese Übersetzung natürlich korrekt sein muß, gerät man - wie STEGMÜLLER (angeregt durch SCHEFFLER) darlegt - in einen Zirkel:

"Unter Benützung einer korrekten Übersetzung von S in L_E soll beurteilt werden, ob S signifikant ist oder nicht. Um beurteilen zu können, ob die Übersetzung wirklich korrekt ist, muß man bereits wissen, ob S signifikant ist oder nicht."¹⁰⁰⁾

Der Ausweg aus diesem Dilemma geschieht durch Eliminierung der Übersetzbarkeit und führt zu:¹⁰¹⁾

(E 7) "Ein synthetischer Satz ist empirisch signifikant genau dann, wenn es eine empiristische Sprache L_E gibt, so daß S ein zulässiger Satz in L_E ist."

Dieses Kriterium ist also nur auf Sätze in L_E anwendbar und erhält somit seine Problematik aus dem viel zu primitiven Bild von L_E , das nach STEGMÜLLER implizit in (E 7) enthalten ist.

Weiterhin muß betont werden, daß der Gehalt einer empirisch signifikanten Aussage im allgemeinen nicht durch eine beliebige Klasse von Beobachtungs-Aussagen ausgedrückt werden kann.

Wenn man nun die Gründe berücksichtigt, die für die Einführung theoretischer Begriffe sprechen und das Zweistufenmodell akzeptiert, kann man in das dritte Stadium der Signifikanz-Diskussion eintreten.

ad III.3

HEMPEL ist nach der Einführung theoretischer Begriffe der Auffassung, daß die scharfe Grenzziehung zwischen Erfahrungswissenschaft und Metaphysik aufzugeben ist und unterscheidet in der Folge abnehmender Verständlichkeit:¹⁰²⁾

- 1) Grundterme der Beobachtungssprache
- 2) Terme, die mit Hilfe von Ausdrücken der Art 1) definiert sind
- 3) Terme, die sich zwar immer in die Beobachtungssprache einführen lassen, dort aber nur teilweise interpretiert werden (reine Dispositionsterme)
- 4) theoretische Terme, welche in den Zuordnungsregeln einer Theorie vorkommen
- 5) theoretische Terme, die nur in den Grundgesetzen der Theorie vorkommen
- 6) metaphysische Terme.

Daraus zieht HEMPEL folgende Konsequenzen:¹⁰³⁾

- 1) Wie eingangs schon erwähnt, ist die empirische Signifikanz nicht für einzelne Terme oder Aussagen feststellbar, sondern nur für ganze Theorien (inklusive ihrer Zuordnungsregeln).

- 2) Er stellt die Möglichkeit einer scharfen Trennung zwischen empirisch sinnvollen und nicht sinnvollen Systemen in Frage.

CARNAP jedoch zieht weiterhin eine klare Trennungslinie und stützt sich dabei auf die intuitive Idee der prognostischen Relevanz: Theoretische Terme ermöglichen - obwohl nur teilweise interpretierbar - Voraussagen über beobachtbare Ereignisse, die ohne diese Terme nicht möglich wären und sind damit empirisch signifikant. Metaphysischen Termen fehlt diese Art von prognostischer Leistungsfähigkeit. In einem zweiten Schritt wird darauf aufbauend die empirische Signifikanz von Sätzen definiert.

Selbstverständlich muß die Definition der empirischen Signifikanz theoretischer Terme relativ zur benutzten Theorie und den Zuordnungsregeln sein, da man die theorie-internen Postulate, durch die die Begriffe eingeführt wurden, in Betracht ziehen muß.

Nach CARNAP ¹⁰⁴⁾ ist - in Präzisierung des oben skizzierten Vorgehens - ein Ausdruck A ein signifikanter Satz von L_T genau dann, wenn gilt:

- a) A befriedigt die Formregeln von L_T
 - b) Jede deskriptive Konstante in A ist ein signifikanter Term.
- Die hierbei zugrunde liegende Signifikanz theoretischer Terme wird folgendermaßen erläutert: ¹⁰⁵⁾

Ein theoretischer Term M ist signifikant in bezug auf eine gegebene Theorie T genau dann, wenn es einen Satz S gibt, der M enthält, so daß aus S zusammen mit T ein Beobachtungssatz abgeleitet werden kann, der aus T allein nicht ableitbar ist.

Kurz: Ein theoretischer Term ist signifikant in einer gegebenen Theorie, wenn sein Gebrauch in dieser Theorie relevant für die Voraussage eines beobachtbaren Ereignisses ist.

Da L_E eine empiristische Sprache ist und folglich alle ihre Sätze empirisch signifikant sind, erhält man für einen beliebigen synthetischen Satz (aus L_E oder L_T) das umfassende Kriterium ¹⁰⁶⁾:

- (E 8) Ein synthetischer Satz S ist genau dann empirisch signifikant, wenn S entweder einen synthetischen Satz von L_E oder einen synthetischen Satz von L_T

darstellt, der in folgendem Sinne signifikant ist:

- 1) S genügt den Formregeln von L_T
- 2) jede deskriptive Konstante von S ist ein signifikanter Term (in bezug auf L_E , L_T , die Theorie und die Zuordnungsregeln) im oben erläuterten Sinne.

Trotz der Tatsache, daß die prognostische Relevanz bei der Definition der empirischen Signifikanz eine bedeutende Rolle spielt, darf man die empirische Signifikanz keineswegs mit der Prognosekraft oder Fruchtbarkeit verwechseln, noch ist das Signifikanz-Kriterium - wie CARNAP ausdrücklich betont - als Garantie der Fruchtbarkeit einer Theorie gemeint. Denn: Prognostische Relevanz bedeutet nur, daß gewisse Aussagen ableitbar sind; damit die Theorie fruchtbar bzw. prognosekräftig/projektierbar ist, müssen sich diese Aussagen bestätigen (vgl. 2.5).

Auch darf man empirische Signifikanz und empirische Bestätigung nicht korrelieren; denn man prüft eine Theorie auf ihre Bestätigung dadurch, daß man die aus ihr abgeleiteten Sätze bzgl. ihrer Geltung prüft, wogegen die Ableitung zum Zwecke der Feststellung der prognostischen Relevanz der Theorie sich nicht um Geltungsfragen kümmert.

Die Bedeutung der Eigenschaft der empirischen Signifikanz liegt darin, daß der Fortschritt der Wissenschaft immer auf empirisch signifikanten Theorien aufbaut. Sogar in ihrer Geltung erschütterte Theorien bleiben empirisch signifikant. Andererseits kann jedoch eine Theorie durchaus empirisch signifikant aber trotzdem bedeutungslos für die Praxis sein. Somit ist die empirische Signifikanz von Theorien nur ein notwendiges aber kein hinreichendes Kriterium für den wissenschaftlichen Fortschritt.

Bzgl. der Einschätzung der Forderung nach empirischer Signifikanz in (E 8) gelangt STEGMÜLLER nacheinander zu folgenden Überzeugungen: ¹⁰⁷⁾

- 1) CARNAPs Definition ist verbesserungsbedürftig
- 2) CARNAPs Programm ist für isolierte Begriffe undurchführbar; folglich ist der Begriff der empirischen Signifikanz nur für ganze Theorien relevant (vgl. die HEMPEL - Argumentation).
- 3) Auch dieser Gedanke muß preisgegeben werden.

4) Der Begriff der empirischen Signifikanz hat sich vollständig verflüchtigt.

Diese letzte Auffassung begründet STEGMÜLLER dadurch, daß er zeigt, daß CARNAPs Kriterium sich in gewisser Hinsicht als zu eng erweist, in anderer dagegen als zu weit. Alles, was nach STEGMÜLLERs Meinung vom Begriff der empirischen Signifikanz noch übrig bleibt, ist das mittels des RAMSEY-Verfahrens formulierbare Kriterium der empirischen Trivialität einer Theorie: ¹⁰⁸⁾

"Hinreichend (und vielleicht sogar notwendig) für die empirische Trivialität sowie für die fehlende Bestätigungsfähigkeit (Prüfbarkeit) einer Theorie ist die logische Wahrheit des RAMSEY-Substituts dieser Theorie."

JUHOS ¹⁰⁹⁾ weist jedoch in diesem Zusammenhang darauf hin, daß bei komplizierteren Theorien (wie es ja fast alle naturwissenschaftlichen Theorien sind) die Entscheidung über den logisch-wahren (tautologischen) Charakter des RAMSEY-Substituts auf große grundsätzliche Schwierigkeiten stößt.

Somit bleibt als Zukunftsaufgabe die Suche nach neuen und besseren Kriterien der empirischen Signifikanz, die ob der Bedeutung dieses Begriffs angemessen erscheint. Vorläufig muß man mit CARNAPs Kriterium oder dem RAMSEYschen Trivialitäts-Kriterium arbeiten, die trotz ihrer Mängel durch ihre bisherigen Erfolge gerechtfertigt werden können.

2.5. Erklärungskraft, Prognosekraft, Fruchtbarkeit und Kraft der Heuristik

2.5.1 Erklärungskraft

Eine der wichtigsten Funktionen von Theorien ist die Erklärung bekannter und die Voraussage neuer Phänomene.

Eine wissenschaftliche Erklärung besteht in einer logischen Ableitung des Explanandums (des Satzes, der das zu erklärende Phänomen beschreibt) aus dem Explanans (Klasse der benötigten Antecedensbedingungen und Gesetzeshypothesen). (H-O-Schema) Das logische Schema einer Erklärung besteht also in einem deduktiven Schluß, dessen Prämissen mindestens eine Theorie enthalten, da in das Explanans die jeweiligen Theorien entscheidend eingehen.

Zum Unterschied von früheren Autoren, die sich mit der Beschreibung der allgemeinen Strukturen der wissenschaftlichen Erklärung begnügten, haben HEMPEL und OPPENHEIM erstmals versucht, die Bedingungen zu formulieren, denen adäquate oder korrekte Erklärungen genügen müssen: ¹¹⁰⁾

- (B 1) Das Explanandum muß logisch korrekt aus dem Explanans ableitbar sein.
- (B 2) Das Explanans muß mindestens ein allgemeines Gesetz enthalten.
- (B 3) Explanans und Explanandum müssen einen empirischen Gehalt besitzen.
- (B 4) Die Sätze, aus denen das Explanans besteht, müssen wahr sein.

Diese Adäquatheitsbedingungen erwiesen sich jedoch als unvollständig, was STEGMÜLLER dazu veranlaßte, weitere Bedingungen aufzustellen: ¹¹¹⁾

- (BS 5) Gesetze und Antecedensbedingungen dürfen nicht für jedes beliebige Explanandum ein Explanans bilden.
- (BS 6) Die Erklärung muß in bezug auf logisch äquivalente Transformationen invariant sein.
- (BS 7) Zirkelhafte Erklärungen oder Selbsterklärungen sind verboten.

KAPLAN formuliert in Ergänzung zu den ursprünglichen vier Bedingungen ebenfalls drei neue: ¹¹²⁾

- (BK 5) Wenn ein singulärer Satz mittels einer Theorie erklärbar ist, so ist er auch auf Grund jeder stärkeren Theorie erklärbar, d. h. mittels jeder Theorie, aus der die ursprüngliche Theorie ableitbar ist.
- (BK 6) Jeder singuläre Satz, der aus einem mittels einer Theorie erklärbaren singulären Satz abgeleitet werden kann, ist selbst mittels der Theorie erklärbar.
- (BK 7) Es gibt eine interpretierte Sprache, die eine Theorie und zwei wahre, aber logisch nicht beweisbare singuläre Sätze enthält, so daß einer der singulären Sätze mittels der Theorie erklärbar ist, der andere jedoch nicht.

Auf die Einzelheiten der ausführlichen Diskussion um Adäquatheitsbedingungen und mögliche Formen von Erklärungen will ich hier nicht näher eingehen (vgl. z. B. STEGMÜLLER (1969b)).

In unserem Zusammenhang ist interessant, daß in den deduktiv-nomologischen Erklärungen (die die obigen Bedingungen erfüllen) immer Theorien benötigt werden.

Voraussetzung für diese Erklärung mittels Theorien ist natürlich, daß die Theorien auf Grund früherer empirischer Tests hinreichend gesichert sind.

Erklären kann man drei völlig verschiedene Arten von Phänomenen:

- 1) konkrete Ereignisse (deduktiv nomologische Erklärungen i. e. S.)
- 2) Gesetzes-Aussagen
- 3) Theorien.

In der einfachsten Form bestehen Erklärungen der ersten Art darin, aufzuzeigen, daß ein einzelner Vorgang zu einer bestimmten Klasse von Ereignissen gehört, über die eine (induktiv gewonnene) All-Aussage (einfaches empirisches Gesetz) vorliegt.

Dieser Prozeß ist im Alltagsleben interessant und oft gibt man sich mit solchen Erklärungen zufrieden.

Anspruchsvollere Erklärungen dieser Art benutzen keine einfachen induktiven All-Aussagen, sondern theoretisch gestützte Gesetze oder gar ganze Theorien.

Was aber für die Wissenschaft von Bedeutung ist, ist die Erklärung der (bei solchen Erklärungen der ersten Art benutzten) All-Aussagen.

Eine All-(Gesetzes-)Aussage wird nun dadurch erklärt, daß sie aus (einem) anderen Gesetz(en) - evtl. unter Hinzufügung von Hilfshypothesen - deduziert wird.

Somit hat der Prozeß der wissenschaftlichen Erklärung innerhalb jeder Theorie eine Grenze: Er kann nicht hinter die Axiome der Theorie zurückgehen.

Diese Axiome können höchstens erklärt werden, indem man sie unter eine höhere Theorie subsumiert bzw. durch sie erklärt. Während bei Erklärungen der ersten Art (Tatsachen-Erklärungen) Einzel-Aussagen durch eine Theorie und Daten und bei Erklärungen der zweiten Art (Gesetzes-Erklärungen) Gesetze durch eine Theorie, Daten und Hilfshypothesen erklärt werden, erklärt bei Erklärungen der dritten Art eine Theorie die andere.

Eine Erklärung einer Theorie T' durch eine Theorie T besteht in der Ableitung von T' aus T unter folgenden Bedingungen: ¹¹³⁾

- 1) Die Folgerungen aus T müssen im Anwendungsbereich von T mit den Behauptungen von T' vereinbar sein.
- 2) Die wichtigsten deskriptiven Begriffe, in denen diese Folgerungen aus T formuliert werden, müssen hinsichtlich ihres Sinnes entweder mit denen von T' zusammenfallen oder wenigstens durch empirische Hypothesen mit ihnen korrelieren.

(Zum Begriff der "Erklärung von Theorien" (Theorie-Reduktion) vgl. 3.2)

Die ausführliche Erklärung einer Tatsache sieht also so aus:

- 1) Gewinnung (empirischer) Gesetze aus der zugrunde gelegten und anerkannten Theorie (die evtl. mittels höherer Theorien auch erklärt werden kann).
- 2) (Dedutiv-nomologische) Erklärung der Tatsache mittels der im ersten Schritt gewonnenen (erklärten) empirischen Gesetzmäßigkeiten.

Interessant ist nun, Theorien bzgl. ihrer Erklärungs-Fähigkeit zu vergleichen; denn gerade dieses Vermögen ist ein bedeutender Faktor bei der Akzeptierung von Theorien: Eine Theorie, die mehr erklärt als eine andere, ist "besser".

So gilt die EINSTEINSche Theorie als "besser" als die NEWTONsche, nicht, weil sie diese widerlegt, sondern weil sie alles erklärt, was die NEWTONsche Theorie erklärt hat

und überdies noch einige Anomalien, die die NEWTONsche Theorie nicht erklären konnte.

Das Erklärungsvermögen steht somit in enger Beziehung zum Gehalt (vor allem zum Fragen- und Problemgehalt; vgl. 2.6; denn eine Theorie, die mehr erklärt, löst auch mehr Probleme). Interessante Versuche, die Fähigkeit von Theorien, Erklärungen zu geben, numerisch zu fassen, stammen von POPPER und BUNGE: POPPER definiert das Erklärungsvermögen (von Hypothesen in bezug auf Tatsachen) als einen numerischen Wert zwischen -1 und +1 (unter Benutzung relativer und absoluter Wahrscheinlichkeiten). ¹¹⁴⁾

BUNGE ¹¹⁵⁾ definiert die erklärungsmäßige Wirksamkeit einer Theorie als die Zahl

$$1 - \frac{n}{N}$$

wobei n die Anzahl der voneinander unabhängigen Anfangs-Annahmen ist und N die Anzahl der durch die Theorie erklärten Gesetzmäßigkeiten.

Wenn die Theorie nur eine ad-hoc-Systematisierung ist (also $n = N$), dann ist die erklärungsmäßige Wirksamkeit der Theorie gleich Null.

Das Nicht-theoretisch-Sein von Erklärungen mindert also die erklärungsmäßige Wirksamkeit einer Theorie. Sie verringert sich also durch den ad-hoc-Charakter der Erklärungen, die

- 1) post factum erfolgen
- 2) unkorrigierbar sind
- 3) nicht verallgemeinerbar sind.

Die obige Formel berücksichtigt allerdings nicht - wie BUNGE selbst einräumt - den Anwendungsbereich der Theorie sowie die Exaktheit und Adäquatheit der Erklärungen.

Der Anwendungsbereich einer Theorie ist nun sofort mit ihr gegeben; nur unsere Kenntnis seiner Elemente wechselt.

Analog gilt dies für den Geltungsbereich. Wir kennen immer nur den aktuellen Geltungsbereich, nie den potentiellen.

Der Geltungsbereich ist dabei die Teilmenge des Anwendungsbereichs, auf dem die Erklärungen exakt sind.

Den aktuellen Geltungsbereich einer Theorie bestimmt BUNGE mittels numerischer empirischer Wahrheitswerte der geprüften Konsequenzen der Theorie.

Um - vgl. obigen Einwand - auch die Exaktheit der Erklärungen

zu berücksichtigen, führt BUNGE ¹¹⁶⁾ - zumindest für Theorien, die quantitative Aussagen machen - auch noch Irrtums- bzw. Ungenauigkeitsschranken ein.

Wenn nun der Geltungsbereich $G(T)$ einer Theorie T gegeben ist und außerdem ihre Tiefe $L(T)$ bzw. die Anzahl ihrer Levels, kann man die Erklärungskraft $E(T)$ definieren als: ¹¹⁷⁾

$$E(T) = G(T) \times L(T),$$

wobei das $\times$ in dieser Formel natürlich metaphorisch ist, außer wir haben adäquate Maßfunktionen für den Geltungsbereich und die Tiefe einer Theorie zur Verfügung.

Diese Festsetzung ist deshalb sinnvoll, weil eine Theorie, die höhere Levels in ihre Erklärungen einbezieht, mehr erklären kann (z. B. in verschiedenen Levels) als eine, die nur in einem (niedrigen) Level erklärt. Die erstgenannte Theorie kann sowohl Tatsachen als auch All-Aussagen (Gesetze) erklären, wogegen die letztere nur subsumptive Erklärungen liefert, also nur eine singuläre Aussage unter eine relevante All-Aussage subsumiert, was wenig erhellend ist.

Da der Geltungsbereich sich als Produkt des Anwendungsbereichs und der Exaktheit darstellen läßt, kann man die Erklärungskraft einer Theorie auch darstellen als: ¹¹⁸⁾

$$E(T) = \text{Anwendungsbereich}(T) \times \text{Exaktheit}(T) \times L(T).$$

Wegen der drei beteiligten Dimensionen nennt BUNGE die Erklärungskraft auch Volumen der Theorie. ¹¹⁹⁾

Hohe Erklärungskraft ist keine Garantie der Wahrheit einer Theorie, da zu ihrer Bestimmung ja nur von den geprüften Konsequenzen der Theorie ausgegangen wird. Sie ist aber zumindest ein Symptom der Wahrheit.

2.5.2 Prognosekraft

Neben den Erklärungen mittels Theorien sind Prognosen aus Theorien eine ihrer entscheidenden Anwendungen.

Eine Tatsache heißt dabei aus einer Theorie prognostizierbar, wenn der Satz, der sie beschreibt, aus der Theorie ableitbar ist.

Erklärung und Voraussage stehen in enger Beziehung zueinander, da - rein logisch gesehen - kein Unterschied zwischen ihnen besteht. Somit erhält man die These von der strukturellen Gleichartigkeit von Erklärung und Vorhersage: ¹²⁰⁾

- 1) Jede adäquate Voraussage eines Ereignisses hätte Erklärungscharakter, wenn sie nach dem Eintritt des Ereignisses vorgenommen worden wäre; kurz: jede adäquate Voraussage ist eine potentielle Erklärung.
- 2) Jede Erklärung eines Ereignisses hätte Voraussagecharakter, wenn sie vor dem Eintritt des Ereignisses vorgenommen worden wäre; kurz: jede adäquate Erklärung ist eine potentielle Voraussage.

Der Unterschied zwischen Erklärung und Voraussage liegt im Zeitfaktor, der rein logisch allerdings kaum zu fassen ist. Außerdem unterscheiden sich - worauf POPPER ¹²¹⁾ hinweist - Erklärung und Prognose dadurch, daß bei einer Erklärung das Explanandum gegeben und das Explanans gesucht ist, wogegen bei einer Prognose die Theorie und die Anfangsbedingungen gegeben sind, aber die Konsequenz gesucht ist.

Prognosen sind in zwei verschiedenen Phasen einer Theorie interessant:

- 1) im Entwicklungsstadium der Theorie, wenn aus der noch nicht voll bewährten Theorie Prognosen abgeleitet werden, von deren Erfolg die Annahme der Theorie abhängt
- 2) wenn die Theorie "gesichert" ist, benutzt man sie zu Voraussagen zur besseren Bewältigung der (Um-)Welt.

Dem entspricht die Unterteilung von POPPER ¹²²⁾ in:

- 1) Voraussagen über neue Arten von Ereignissen
- 2) Voraussagen über Ereignisse schon bekannter Art (wie z. B. Wettervorhersagen).

Die Bedeutung einer Theorie für das Aufstellen von Prognosen bezeichnet man als prognostische Relevanz.

Eine gute Prognose sollte folgende Eigenschaften haben: ¹²³⁾

- 1) einen hohen Informationsgehalt
- 2) einen hohen Grad an Prüfbarkeit.

Beim Prüfen von Prognosen verfährt man dann folgendermaßen: ¹²⁴⁾

- 1) Man prüft die Prognosen, die den geringsten Anfangswahrheitswert (Wahrheitswert vor dem Test) haben (entsprechend dem deduktivistischen Ansatz).
- 2) Man akzeptiert die Prognosen, die den höchsten End-Wahrheitswert (Wahrheitswert nach dem Test) haben (entsprechend dem induktivistischen Ansatz).

Die projektive Leistung (Projektierbarkeit) einer Theorie ist dann als die Summe (summiert wird über die Anzahl der geprüften Prognosen) der Differenzen von End- und Anfangs-Wahrheitswert bestimmt. Sie erfaßt also nicht nur die Fähigkeit der Theorie, Prognosen zu machen, sondern vor allem die Tatsache, ob diese Prognosen zutreffen oder nicht. Die projektive Leistung einer Theorie ist nicht gleich ihrer Prognosekraft, da die Anzahl der geprüften Prognosen in die Definition eingeht.

BUNGE ¹²⁵⁾ zeigt, daß Geltungsbereich und Originalität einer Theorie in einem festen Verhältnis zu ihrer projektiven Leistung stehen. Damit wird jedoch zugleich klar, daß man Geltungsbereich und Originalität nicht gleichzeitig maximalisieren kann.

Das Desideratum der maximalen Projektierbarkeit widerspricht nicht der Forderung nach optimaler Konsistenz mit dem akzeptierten Wissen, wenn man diese Konsistenz als Konsistenz mit der Mehrheit des akzeptierten Wissens auffaßt und durchaus zuläßt, daß bestimmte Bereiche verändert werden.

BUNGE warnt, daß hohe Projektierbarkeit einer Theorie kein Kriterium der Annahme einer Theorie ist, da ja ein hoher Wahrheitsgehalt der Prognosen noch kein Garant für die Wahrheit der Theorie ist.

Um schließlich zur Prognosekraft der Theorie zu gelangen, müßte man die Definition der Projektierbarkeit auf eine unendliche Anzahl geprüfter Prognosen erweitern.

Die Projektierbarkeit einer Theorie ist also die aktuelle - durch zeitliche Beschränkungen erzwungene - Einschränkung bzw. Teil-Realisation der Prognosekraft der Theorie.

Somit mißt die Projektierbarkeit nur einen Aspekt des Wachstums des theoretischen Wissens. Sie mißt nicht die Wachstums-Fähigkeit der Theorie, sondern das jeweilige aktuelle Wachstum und ist als solche auch kein Anzeichen für die projektive Verlässlichkeit einer Theorie.

Auch die Prognosekraft einer Theorie charakterisiert BUNGE ¹²⁶⁾ durch eine (metaphorische) Kurzformel:

Prognosekraft = (alter Anwendungsbereich + neuer Anwendungsbereich) × Exaktheit.

Er betont, daß die Prognosekraft von der Erklärungskraft

verschieden sei, da es viele Theorien gibt (z. B. Geschichtstheorien), die eine große Erklärungskraft haben, aber fast keine Prognosekraft. Sogar unwissenschaftliche Theorien und Faktenansammlungen können erklären (was man allerdings durch Adäquatheitsbedingungen an die Erklärungen ausschalten kann), aber Voraussagen bzw. ihr Eintreffen werden dabei immer zufälliger Natur sein.

Somit sind trotz der gleichen logischen Struktur von Erklärung und Voraussage Erklärungskraft und Prognosekraft nicht gleich. Andererseits besteht durchaus ein Zusammenhang; denn eine Theorie kann nur dann erfolgreiche Prognosen ermöglichen, wenn sie eine hinreichende Erklärungskraft hat und umgekehrt.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied liegt darin, daß Voraussagen immer nur über einzelne Tatsachen gemacht werden können; erklären kann man dagegen auch Gesetze.

2.5.3. Fruchtbarkeit

Da eine Theorie aber auch neue gesetzmäßige Erkenntnisse ermöglichen soll, fordert man, daß sie außer einer großen Prognosekraft auch noch Fruchtbarkeit hat.

Unter Fruchtbarkeit einer Theorie versteht man dabei also die Fähigkeit der Theorie, nicht nur neue Fakten sondern auch neue Gesetze herzuleiten. Damit aber, daß neue Gesetze hergeleitet werden, eröffnen sich der Theorie gleichzeitig auch neue Anwendungsbereiche. Fruchtbare Theorien haben¹²⁷⁾ die Fähigkeit, verallgemeinert zu werden und können somit möglicherweise zur Basis einer neuen Theorie werden, die logisch nicht aus der ursprünglichen folgt. Diese Eigenschaft nennt FRANK¹²⁸⁾ auch "dynamischen Charakter" der Theorie. In dieser Fähigkeit der Herleitung neuer (empirischer) Gesetze liegt für CARNAP¹²⁹⁾ "der große Wert einer neuen Theorie". Die Erklärung bekannter (empirischer) Gesetze hält er demgegenüber für zweitrangig.

BUNGE faßt auch die Fruchtbarkeit einer Theorie wieder in eine Kurzformel¹³⁰⁾:

Die Fruchtbarkeit einer Theorie ist ihre Ausdehnbarkeit auf neue Bereiche und der Teil der Voraussagekraft, der sich auf den neuen Bereich bezieht.

Interessant ist, daß auch inadäquate und falsche Theorien fruchtbar und anregend sein können, da sie brauchbare Ideen und Begriffe enthalten - oder sei es auch nur, weil sie neue und bessere Theorien herausfordern, sie zu widerlegen. Eine fruchtbare Theorie soll also neue Forschungen und/oder Entdeckungen anregen. Dies geschieht nach ZELGER ¹³¹⁾ am ehesten über Prognosen, die überprüft werden müssen und über die Anpassung und Veränderung der Theorie, wenn Testergebnis und Voraussage nicht übereinstimmen.

2.5.4 Kraft der Heuristik

Da fruchtbare Theorien die Entwicklung neuer Theorien ermöglichen, kommt ein ganz neuer Aspekt in die Betrachtungen: die Heuristik.

Grundlegend für die Heuristik ist die Frage:

Wie kommt man eigentlich zu neuen Theorien?

Über die Möglichkeit bzw. die Notwendigkeit heuristischer Untersuchungen herrschen sehr verschiedene Auffassungen.

So kommt POPPER ¹³²⁾ zu dem Schluß:

"...das Aufstellen der Theorien scheint uns einer logischen Analyse weder fähig noch bedürftig zu sein."

Solche Fragen sind für ihn nur von psychologischem, nicht von erkenntnistheoretischem Interesse.

Für ihn gibt es keine allgemeine Methode

- 1) um von Tatsachen zu Theorien oder
- 2) von einer Theorie zu einer besseren zu gelangen.

Denn:

- 1) Eine Theorie transzendiert immer jede Menge von Beobachtungen und
- 2) Eine Nachfolgertheorie ist meistens mit ihren Vorgängern logisch inkonsistent.

Da Theorien nicht aus der Erfahrung (induktivistisch) und nicht aus den Gesetzen des menschlichen Verstandes (KANT) gewonnen werden, sind sie die freie Schöpfung unseres Verstandes und das Ergebnis einer fast poetischen Intuition. ¹³³⁾ Somit bleiben die Ursprünge wissenschaftlicher Theorien im Dunkeln und sind rationalen Methoden nicht zugänglich, woraus die Unmöglichkeit der Voraussage neuer theoretischer Entwicklungen folgt.

Die POPPERSche Feststellung, daß eine neue Theorie logisch inkonsistent mit der alten ist, heißt aber nur, daß sie nicht logisch aus jener abgeleitet werden kann und nicht, daß sie nicht evtl. mit außerlogischen heuristischen Regeln abgeleitet werden kann.

Gegen POPPERS Theorie der wissenschaftlichen Kreativität spricht z. B. die Tatsache, daß Entdeckungen oft gleichzeitig und unabhängig voneinander von verschiedenen Wissenschaftlern gemacht wurden; denn die Wahrscheinlichkeit, daß aus der unendlichen Zahl der möglichen Lösungen Wissenschaftler "zufällig" die gleiche wählen ist nach POPPERS Theorie viel zu gering, um das tatsächliche (häufige) Vorkommen solcher Fälle zu erklären.¹³⁴⁾

Für STRÖKER¹³⁵⁾ sind dann auch - im kontradiktorischen Gegensatz zu POPPER - Fragen nach der Aufstellung wissenschaftlicher Theorien keine psychologischen, sondern eminent erkenntnistheoretische Fragen.

Klar ist, daß es keine unfehlbare Regeln gibt, die die Entdeckung neuer Tatsachen und die Erfindung neuer Theorien im voraus garantieren und somit die Fruchtbarkeit wissenschaftlicher Forschung sichern.

Dennoch haben heuristische Regeln ihre Bedeutung: Sie sichern die Fruchtbarkeit der Theorien zwar nicht, ermöglichen sie aber; denn in der wissenschaftlichen Praxis wird man - contra POPPER - nicht blind raten, sondern mit gezielten Problemlösungs-Strategien in bestimmte Richtungen suchen und forschen.

BYTSCHKO-SHARIKOW untersuchen sogar den heuristischen Begriff der Intuition unter logischen Aspekten und kommen zu dem Schluß, daß es durchaus eine Logik der Intuition gebe.¹³⁶⁾ Dies ist zwar keine Logik, die inhaltliche Voraussagen ermöglicht; aber BYTSCHKO-SHARIKOW zeigen, daß die Intuition sich als unterbewußt realisiert werdender Algorithmus darstellen läßt.¹³⁷⁾ Die Intuition liefert das erste Wissen über ein Objekt. Die Logik entwickelt aus diesem anfänglichen Wissen eine Kette von exakten Schlußfolgerungen. Somit ist Intuition ohne Logik nicht denkbar; ebenso wenig ist die Logik ohne Intuition denkbar, da das logische Erfassen (z. B. eines Beweises) intuitiv erreicht wird.

Man muß nun unterscheiden zwischen:

- 1) allgemeinen heuristischen Regeln für die gesamte Wissenschaft
 - 2) speziellen heuristischen Regeln für bestimmte Theorien.
- Die heuristischen Prinzipien können nun auf verschiedenen Ebenen wirksam sein ¹³⁸⁾ und zwar auf der Ebene der:

- 1) Logik
- 2) Psychologie
- 3) Erziehung.

Dabei scheinen die logischen Untersuchungen über die Heuristik besonders interessant zu sein.

So gibt BUNGE zehn verschiedene Arten des üblichen "Schließens" an, die jedoch alle keine strengen Schlußfolgerungen im logischen Sinne sind, sondern nur als heuristische Prinzipien verstanden werden können. ¹³⁹⁾

SEREBRYANNIKOW ¹⁴⁰⁾ will demgegenüber strenge logische Schlußfolgerungen anwenden. Da die strenge Logik innerhalb von Theorien jedoch nicht zu wesentlich neuen Ergebnissen führt (diese sind ja schon implizit in den Voraussetzungen enthalten), will er die Logik innerhalb metatheoretischer Untersuchungen anwenden und heuristische Prinzipien aus einer Logik der Metatheorie entwickeln (vgl. z. B. die Ansätze in 3.2, mittels Theorie-Relationen (speziell Isomorphismen) heuristische Prinzipien zu entwerfen).

Somit werden für SEREBRYANNIKOW heuristische Prinzipien einer logischen Behandlung zugänglich, und man kann folglich eine formale Theorie der heuristischen Prozesse konstruieren. Die allgemeinen heuristischen Prinzipien gelten zwar in allen Theorien in gleichem Maße und sind gleich anwendbar; sie sind allerdings nicht in allen Theorien gleich erfolgreich. (Daraus ließe sich dann eine Beurteilung der Theorien ableiten.) Besonders interessant ist es aber, den Erfolg theorie-spezifischer heuristischer Regeln zu betrachten: Solche Regeln führt LAKATOS in seiner Methodologie der Forschungsprogramme ein:

Jedes Forschungsprogramm hat:

- 1) eine negative Heuristik
- 2) eine positive Heuristik.

Die negative Heuristik eines Forschungsprogramms verbietet

es, den harten Kern des Forschungsprogramms der Falsifikation auszusetzen.

Die positive Heuristik besteht in einer Menge von Hinweisen, die es erlauben, ein Forschungsprogramm (bzw. seinen schützenden Gürtel) zu ändern und zu entwickeln.

Sie kann also die Wege der Behandlung empirischer Widerlegungsversuche vorwegnehmen oder - wie MUSGRAVE ¹⁴¹⁾ abgeschwächt formuliert - Lösungsstrategien für mathematische Probleme der Theorien liefern und Strategien enthalten, die zu neuen Prognosen führen.

So lautet eine positiv-heuristische Regel des NEWTONschen Forschungsprogramms:

Wenn eine Planetenbahn vom vorausberechneten Wert abweicht, so postuliere man die Existenz eines bisher unbekannten Planeten.

Unter Befolgung dieser Regel entdeckten gleichzeitig verschiedene Wissenschaftler unabhängig voneinander auf Grund der Anomalien der Uranusbahn den Planeten Neptun.

Gerade dieses Beispiel ¹⁴²⁾ zeigt die große Bedeutung heuristischer Komponenten eines Forschungsprogramms.

Ein weiteres Beispiel bringt WORRALL ¹⁴³⁾, der darauf verweist, daß die Konstruktion der Relativitätstheorie von dem positiv-heuristischen Gedanken getragen war, die klassischen Gesetze als Grenzfälle zu enthalten.

Da es innerhalb des LAKATOSschen Konzepts heuristische Regeln gibt, ist es verständlich, ja sogar wahrscheinlich, daß verschiedene Wissenschaftler unter Befolgung dieser heuristischen Regeln zu identischen Ergebnissen kommen, was ja innerhalb des POPPERSchen Konzepts nicht erklärbar war. Eine starke positive Heuristik vermittelt einen großen potentiellen Gehalt, wobei es allerdings eine andere Frage ist, ob sich dieser auch bewährt.

Da sich die Heuristik als wesentlicher Bestandteil eines Forschungsprogramms herausstellt, ist es natürlich interessant, Forschungsprogramme bezüglich dieser Komponente zu vergleichen. Solche Untersuchungen sind zumal deshalb bedeutsam, da diese Überlegungen ja nicht nur für Forschungsprogramme gelten, sondern leicht auf (normale) Theorien (-Folgen) zu übertragen sind ¹⁴⁴⁾. Nach STRÖKER ¹⁴⁵⁾ gelten sogar die folgen-

den Überlegungen von URBACH ¹⁴⁶⁾ nur für die jeweiligen Glieder eines Forschungsprogramms, also die Theorien: Die Kraft der Heuristik (ein Begriff den LAKATOS leider nie hinreichend klärte) bildet ein angemessenes Maß des Zukunftsanspruchs eines Forschungsprogramms und kann somit als Vergleichsgesichtspunkt konkurrierender Forschungsprogramme/Theorien herangezogen werden. Denn: Man kann zwar nicht die Wahrscheinlichkeit des zukünftigen empirischen Erfolgs eines Forschungsprogramms (empirischer Fortschritt) voraussagen, aber man kann erwarten, daß eine starke Heuristik eine längere Folge (wegen Punkt 1. der folgenden Faktoren) prüfbarer Theorien (die wegen Punkt 2. widerstandsfähiger gegen Widerlegungen sind) hervorbringt als eine schwächere und somit einen größeren möglichen Fortschritt (URBACH spricht von "theoretischem Fortschritt") darstellt. Die Heuristik verspricht also zwar keinen empirischen Fortschritt, aber einen theoretischen.

URBACH ¹⁴⁷⁾ versucht, spezielle Faktoren der Heuristik herauszuarbeiten. Danach ist eine Heuristik um so stärker:

1. je präziser sie die Konstruktion nachfolgender Theorien leitet
2. je mehr Anomalie-lösende Verfahren (Anomalie-lösend in dem speziellen Sinne, daß der Gehalt dabei wächst) sie anbietet
3. je mehr die einzelnen Theorien unabhängig voneinander prüfbar sind
4. je mehr bewährtes Hintergrundwissen zur Verfügung steht
5. je besser die in ihr vorkommenden mathematischen Theorien gehandhabt werden können (so hat ein Forschungsprogramm, das zu lauter unlösbaren (Differential-)Gleichungen führt, eine schwächere Heuristik als ein sonst gleichwertiges Forschungsprogramm mit einer einfacheren mathematischen Theorie).

Die Stärke der Heuristik kann sich natürlich in Laufe der Zeit ändern, soweit, bis sie einen "Sättigungspunkt" erreicht und dem Forscher überhaupt keine Freiheit mehr läßt, ja die ganzen neuen Theorien des Forschungsprogramms vollständig von Heuristik geprägt sind (z. B. das PTOLEMÄISCHE System in seiner Endphase).

Folgende weitere Punkte sind für den Vergleich von Theorien bzgl. ihrer heuristischen Kraft relevant:

- 1) die Anwendbarkeit der Theorien
- 2) die Tatsache, daß bzw. ob die Theorien noch nicht exhaustiert wurden
- 3) die Fähigkeit der Theorien, unabhängig von Tatsachen zu arbeiten
- 4) die Existenz eines Isomorphismus zu einer bewährten und entwickelten Theorie oder zu einer Theorie, die eine bekanntermaßen starke Heuristik hat. ¹⁴⁸⁾

Die Heuristik ermöglicht somit die Analyse der Beziehungen, die zu neuen Theorien führen (sei es aus den Tatsachen oder aus alten Theorien) und steht folglich in enger Beziehung zur Fruchtbarkeit von Theorien; denn eine Theorie mit starker Heuristik ist gleichzeitig eine fruchtbare Theorie.

2.6 Gehalt

Das Ziel der Wissenschaft ist die "Suche nach Wahrheit" (POPPER). Doch mit Wahrheit allein ist es nicht getan. Ein simpler tautologischer Satz ist immer wahr und auch ein einfacher Beobachtungssatz ist leicht als wahr zu erkennen. Theorien dagegen können nicht einfach als wahr oder falsch klassifiziert werden, obwohl Theorien für die Wissenschaft wichtiger sind als Tautologien.

Man will keine "leeren" Aussagen, sondern Sätze, die "etwas aussagen", die einen möglichst großen Gehalt, eine möglichst umfassende Information beinhalten.

Neben der Forderung, daß Theorien "mit der Wirklichkeit übereinstimmen" sollen, muß also zusätzlich gefordert werden, daß sie einen (Informations-)Gehalt haben. Damit versteht man, daß man aus der Theorie Informationen, neue Aussagen entnehmen kann, was man manchmal auch mit "Stärke" der Theorie bezeichnet.

Diese Forderung ist nicht automatisch erfüllt. Es kann durchaus Theorien geben, die nur aus einer Ansammlung von Beobachtungsaussagen bestehen und sonst "nichts aussagen". Erst theoretische Terme bringen eine Gehaltverschärfung. Somit ist für abstrakte Theorien eine genaue Untersuchung des Gehalts interessant, da verschiedene Theorien verschiedenen Gehalt haben. Folglich kann man die Gehalt-Forderung als Kriterium an Theorien anlegen (Die Theorie soll gehaltvoll sein) und in der komparativen Form als Kriterium zum Theorienvergleich benutzen (Die Theorie A ist gehaltvoller als die Theorie B).

Das Vermögen des Gehalt-Begriffs aufzuzeigen, daß der Unterschied zwischen tautologischen Festsetzungen und (potentiell informativen) propositionalen Feststellungen dem Unterschied zwischen nicht informativen (gehaltleeren) und potentiell informativen (gehaltvollen) Aussagen entspricht, nennt SPINNER ¹⁴⁹⁾ eine erkenntnistheoretische Minimalbedingung an die verschiedenen Gehalt-Begriffe. Es ist entscheidend für die kognitive Differenzierung des inhaltlichen Teils von Theorien.

Man kann nun verschiedene Gehalt-Begriffe unterscheiden:

Einer der grundlegenden Gehalt-Begriffe ist der Begriff des logischen Gehalts.

Der logische Gehalt einer Theorie (oder bei CARNAP einfach: Gehalt) ist (nach TARSKI) die Menge aller nicht-tautologischen Konsequenzen, die aus der Theorie abgeleitet werden können. Dabei muß man jedoch betonen, daß in einer gegebenen Sprache und bzgl. einer gegebenen axiomatischen Theorie nur die Sätze Träger neuer Informationen sind, die allein auf der Grundlage der Ausgangsaxiome und der Schlußregeln nicht erzielt werden können. Mit den Axiomen "kennt" man - rein logisch gesehen - schon alle Sätze der Theorie (den logischen Gehalt); das jedoch, was man als "neue Information" bezeichnet, wird damit nicht erfaßt.

Demgegenüber berücksichtigt BUNGE ¹⁵⁰⁾ zusätzlich das Hintergrundwissen, damit nicht nur Aussagen abgeleitet werden können, die schon implizit in den Axiomen "enthalten" sind. Er definiert den Gehalt einer Theorie als die Menge der logischen Folgerungen aus den Axiomen A der Theorie und den Hintergrundannahmen B der Theorie, verringert um die Menge L der Tautologien, die aus A und B folgen.

Dies kann man noch differenzieren zum:

- a) mathematischen Gehalt
- b) Tatsachen-Gehalt.

Präzise formuliert:

Sei T eine Theorie mit Hintergrundannahmen B, mathematischen Annahmen M, Tatsachen-Annahmen F und semantischen Formeln S. Dann gilt: ¹⁵¹⁾

- a) Der mathematische Gehalt von T ist gleich der Menge der Folgerungen aus B, M und F, verringert um die Tautologien L, die aus A und B folgen.
- b) Der Tatsachen-Gehalt von T ist gleich der Menge der Folgerungen aus B, M, F und S, verringert um L.

Darauf kann man dann einen komparativen Begriff der Beweglichkeit einer Theorie aufbauen:

Wenn T und T' zwei Theorien mit vergleichbarem mathematischen Gehalt sind, dann heißt T beweglicher als T', wenn der mathematische Gehalt von T Teilmenge des mathematischen Gehalts von T' ist.

Um einen Gehalt-Vergleich zweier Theorien T bzw. T' mit

Gehalt G bzw. G' auch für den Fall zu ermöglichen, daß weder $G \leq G'$ noch $G' \leq G$ gilt, also bzgl. der Teilmengenrelation Inkommensurabilität herrscht, definiert er die Gehaltsdifferenz der beiden Theorien als symmetrische Differenz des jeweiligen Gehalts, also: ¹⁵²⁾

$$d(T, T') = (G - G') \vee (G' - G).$$

Der Gehalt einer Theorie wächst nun allgemein durch folgende Faktoren: ¹⁵³⁾

- 1) Allgemeinheit der Wenn-Komponente (Prämisse) der in der Theorie vorkommenden Gesetzes-Aussagen
- 2) Bestimmtheit der Dann-Komponente (Konklusion) der Gesetzes-Aussagen
- 3) Striktheit der Zusammenhangsbehauptung (deterministische Gesetze oder Gesetze, die Aussagen über Ereignisse machen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten).

Der Nachteil dieser Form des Gehalt-Begriffs liegt darin, daß Bestätigungsgrad und Gehalt von Theorien und somit auch von Aussagen - grob gesprochen - umgekehrt proportional zueinander sind; so haben beispielsweise Beobachtungsaussagen einen hohen Bestätigungsgrad aber nur wenig Gehalt.

Das hat aber zur Folge, daß eine Theorie nicht gleichzeitig einen hohen Gehalt und einen hohen Bestätigungsgrad haben kann. POPPER erkennt dieses Dilemma und nimmt es zum Anlaß, den Begriff der Bestätigung durch seinen Begriff der Bewährung zu ersetzen. Außerdem führt er eine andere Form des Gehalt-Begriffs ein, den "empirischen Gehalt".

Den naheliegenden Versuch, den empirischen Gehalt einer Theorie als Klasse der Beobachtungsaussagen zu definieren, die aus der Theorie gefolgert werden können, verwirft er, weil aus einer Theorie allein noch keine Beobachtungssätze folgen. (Dies könnte man allerdings ja dadurch beheben, daß man das Hintergrundwissen der Theorie hinzuzieht (vgl. BUNGES Definition von Gehalt)).

POPPER wählt folgenden Ansatz, der zu obigem genau konvers ist: ¹⁵⁴⁾

Da eine Theorie um so informationsreicher ist, je mehr sie verbietet, kann man sagen, daß der empirische Gehalt einer Theorie bestimmt wird durch die Klasse der Beobachtungsaussagen (oder Basisaussagen), die der Theorie widersprechen.

Somit ist der empirische Gehalt einer Theorie also gleich der Klasse ihrer potentiellen Falsifikationsmöglichkeiten. (Dabei übersieht POPPER allerdings, daß auch bei der Falsifikation einer Theorie das Hintergrundwissen eine bedeutende Rolle spielt, und daß sich folglich sein Ansatz in seiner logischen Begründbarkeit kaum von dem von ihm verworfenen Ansatz unterscheidet.)

Der Vorteil von POPPERs Konzeption liegt in einer begrifflichen Vereinheitlichung innerhalb seines Systems:

Der Bewährungsgrad einer Theorie ist gleich ihrem Falsifizierbarkeitsgrad. Mit dem Falsifizierbarkeitsgrad wächst der empirische Gehalt. Somit sind Bewährungsgrad und empirischer Gehalt proportional. Damit ist dann wegen der Bedeutung der Forderung nach Bewährung auch die Forderung nach hohem empirischen Gehalt gerechtfertigt.

Eine Theorie ist um so besser prüfbar (falsifizierbar/bewährbar), je präziser und je allgemeiner (d. h. großer Anwendungsbereich) sie ist. Somit wächst der empirische Gehalt einer Theorie mit ihrer Allgemeinheit (Universalität) und Bestimmtheit (Präzision), also mit ihrem Gesetzmäßigkeitsgrad. Dies führt jedoch in den Sozialwissenschaften zu Schwierigkeiten:

"Allgemeine theoretische Aussagen (informationsreiche sensu POPPER) werden paradoxerweise informationslos, da ihre Allgemeinheit in der Regel durch die Abstraktheit ihrer Formulierung (theoretische Konstrukte usw.) erreicht wird." ¹⁵⁵⁾

In den Sozialwissenschaften wird also Allgemeinheit mit unverbindlicher Abstraktheit der Formulierung erkaufte, was eben gerade Informationslosigkeit zur Folge hat. Dort sind aber ja auch schon theoretische Begriffe (wie "Intelligenz") problematisch, da keine exakten Bedingungen angebbare sind, wann die Eigenschaften vorliegen, die durch den Begriff charakterisiert werden.

Somit sind Bestrebungen feststellbar, ¹⁵⁶⁾ allgemeine Theorien, ja sogar abstrakte theoretische Begriffe, die durch ihre Uninterpretierbarkeit zumindest in der und für die Praxis informationsleer werden, zu vermeiden - ein Verfahren, was heute in den exakten Naturwissenschaften undenkbar wäre.

Dort gilt vielmehr: Die Präzision einer Theorie und damit ihr empirischer Gehalt wächst durch:

- 1) Verwendung exakt definierter theoretischer Begriffe oder zumindest solcher, die durch ihre Einordnung in einen theoretischen Zusammenhang hinreichend bestimmt werden können
- 2) Einführung metrischer Begriffe.

Der Vergleich des empirischen Gehalts von Theorien wird also bei POPPER zum Vergleich der jeweiligen Klassen der Falsifikationsmöglichkeiten. Dies kann auf drei verschiedene Arten geschehen: ¹⁵⁷⁾

- 1) Vergleich der Mächtigkeit
- 2) Vergleich bzgl. des Teilklassenverhältnisses
- 3) Vergleich der Dimension.

ad 1): Dieses Verfahren ist praktisch nicht anwendbar, da die Klassen der Falsifikationsmöglichkeiten für alle Theorien gleichmächtig sind (nämlich abzählbar).

ad 2): Eine exakte Formulierung würde hier lauten:
Eine Theorie A hat einen größeren empirischen Gehalt als eine Theorie B, wenn die Klasse der Falsifikationsmöglichkeiten von B (echte) Teilklasse der Klasse der Falsifikationsmöglichkeiten von A ist.

Die Teilklassenbeziehung hat allerdings den Nachteil, daß nur solche Klassen verglichen werden können, bei denen eine die andere enthält. Andernfalls sind die Theorien in bezug auf diesen Aspekt inkommensurabel.

ad 3): Durch die Konjunktion von Basissätzen entstehen wieder Basissätze, die dann komplexer sind als die ursprünglichen.

Wenn man eine Klasse von relativ atomaren Sätzen in willkürlicher Weise als "erzeugendes Schema" auszeichnet, kann man den Komplexitätsvergleich auf diese Klasse beziehen. Genauer:

Wenn man einen Satz als Konjunktion von n - vielen Sätzen des erzeugenden Schemas darstellen kann, so ordnet man ihm den Komplexitätsgrad n zu. Den Mindestgrad von Komplexität der Basissätze, der nötig ist, um eine Theorie zu falsifizieren, nennt POPPER ¹⁵⁸⁾
Dimension der Theorie; d. h. eine Theorie hat die

Dimension m , wenn alle Aussagen m -ten (und kleineren) Grades die Theorie nicht falsifizieren, aber eine Aussage $(m+1)$ - ten Grades.

Also können alle Basissätze, deren Komplexitätsgrad nicht größer ist als die Dimension der Theorie - völlig unabhängig von ihrem Inhalt - diese nicht falsifizieren.

Eine Theorie ist folglich um so leichter falsifizierbar, je niedriger ihre Dimension ist. Somit ist der Gehalt einer Theorie um so größer, je kleiner die Dimension ist, so daß der Gehalt-Vergleich zweier Theorien also zum Dimensionsvergleich wird.

Zum Vergleich des Gehalts zweier Theorien kann man auch eine Kombination der Kriterien 2) und 3) heranziehen; dann nämlich, wenn eins der beiden keine Unterscheidung zuläßt (weil gleiche Klassen von Falsifikationsmöglichkeiten oder gleiche Dimension der Theorie vorliegen) kann man zusätzlich das jeweils andere anwenden.

POPPER beschäftigt sich jedoch durchaus auch mit dem logischen Gehalt. Er ¹⁵⁹⁾ kommt zu dem Resultat, daß der Vergleich des empirischen und des logischen Gehalts zweier Theorien für den Fall zu dem gleichen Ergebnis führt, daß die verglichenen Theorien keine metaphysischen Bestandteile enthalten. Später ¹⁶⁰⁾ spaltet er den empirischen Gehalt auf in den Wahrheitsgehalt und den Falschheitsgehalt.

Der Wahrheitsgehalt einer Theorie A ist dabei die Klasse aller wahren logischen Konsequenzen aus A , die mit A_W bezeichnet sei; der Falschheitsgehalt (Bezeichnung A_F) ist die Klasse aller falschen logischen Konsequenzen aus A . Wenn nun zwei Theorien A und B vorliegen, deren Wahrheitsgehalte (A_W bzw. B_W) und Falschheitsgehalte (A_F bzw. B_F) vergleichbar sind, definiert POPPER einen neuen Begriff, mit dem er die Forderungen nach Wahrheit und Gehalt kombinieren will: den Begriff der Wahrheitsähnlichkeit (verisimilitude): A hat geringere Wahrheitsähnlichkeit als B (B ist der Wahrheit ähnlicher als A / B stimmt besser mit den Tatsachen überein als A) genau dann, wenn gilt: ¹⁶¹⁾

- 1) $A_W \subset B_W$ und $B_F \subseteq A_F$
oder 2) $A_W \subseteq B_W$ und $B_F \subset A_F$.

(Dabei ist der Unterschied zwischen $\subset$ und $\subseteq$ zu beachten.) Dieser Begriff der Wahrheitsähnlichkeit muß klar vom Begriff der Wahrscheinlichkeit unterschieden werden: Wahrheitsähnlichkeit kombiniert Wahrheit und Inhalt, wogegen Wahrscheinlichkeit Wahrheit mit Inhaltslosigkeit kombiniert. ¹⁶²⁾

Vorausgesetzt, daß es ein Maß M für den Wahrheits- und Falschheitsgehalt gibt, kann man die Wahrheitsähnlichkeit einer Theorie A ($Vs(A)$) folgendermaßen definieren: ¹⁶³⁾

$$Vs(A) = M(A_W) - M(A_F). \quad ^{164)}$$

Eine solche numerische Angabe der Wahrheitsähnlichkeit erscheint POPPER jedoch problematisch; aber einen Vergleich von Theorien in bezug auf ihren Grad an Wahrheitsähnlichkeit mittels der oben definierten komparativen Form der Wahrheitsähnlichkeit hält er für durchaus möglich.

Als Indizien dafür, daß B besser mit den Tatsachen übereinstimmt als A (eine größere Wahrheitsähnlichkeit hat), nennt er ¹⁶⁵⁾:

- 1) B macht präzisere Aussagen als A , und diese präziseren Aussagen halten präziseren Tests stand
 - 2) B berücksichtigt und erklärt mehr Fakten als A
 - 3) B beschreibt oder erklärt gewisse Tatsachen detaillierter als A
 - 4) B bestand Prüfungen, die A nicht bestand
 - 5) B regte zu neuen experimentellen Tests an, die nicht berücksichtigt wurden, bevor B entworfen wurde (und die von A nicht angeregt wurden und evtl. auf A gar nicht anwendbar sind) und bestand diese Prüfungen
 - 6) B vereinheitlichte verschiedene bisher beziehungslose Probleme oder brachte sie überhaupt erst in Beziehung.
- Dazu liefert er einige Erläuterungen: ¹⁶⁶⁾

"Es ist natürlich immer möglich, daß die Theorie falsch ist, auch wenn sie alle Prüfungen besteht, das ist bei unserem Streben nach Wahrheitsähnlichkeit möglich. Doch wenn unsere Theorie all diese Prüfungen besteht, dann haben wir wohl guten Grund zu der Vermutung, daß sie - die, wie wir wissen, größeren Wahrheitsgehalt hat als ihr Vorgänger - wohl keinen größeren Falschheitsgehalt hat. Und wenn wir die neue Theorie gerade auf den Gebieten,

auf denen ihr Vorgänger scheiterte, nicht widerlegen können, dann können wir das als einen objektiven Grund für die Vermutung anführen, daß die neue Theorie eine bessere Annäherung an die Wahrheit ist als die alte."

POPPERS Intention bei der Einführung dieses Begriffs ist, seine Theorie der Prüfbarkeit und Bewährung durch dieses neue methodologische Konzept zu ergänzen. Er will mittels der Wahrheitsähnlichkeit auch zwischen falschen Theorien entscheiden können und die Theorie auswählen, die die beste Näherung an "die Wahrheit" darstellt, mit der wir - mangels besserer - arbeiten müssen, obwohl wir wissen, daß sie nicht wahr ist. So schreibt er ¹⁶⁷⁾:

"Der Begriff der größeren oder geringeren Wahrheitsähnlichkeit ist auf falsche wie auf wahre Aussagen anwendbar: der wesentliche Punkt ist ihr Wahrheitsgehalt, und dieser Begriff fällt völlig aus dem Bereich der zweiwertigen Logik."

Er beschreibt auch seine Motivation zu dieser Begriffsbildung explizit ¹⁶⁸⁾:

"Es gibt zwar kein Wahrheitskriterium, und man kann nicht einmal der Falschheit einer Theorie ganz sicher sein, aber immerhin kann man leichter feststellen, daß eine Theorie falsch ist, als daß sie wahr ist....Wir haben sogar gute Gründe für die Annahme, daß die meisten unserer Theorien - auch unsere besten - streng genommen falsch sind; denn sie übervereinfachen oder idealisieren die Tatsachen. Doch eine falsche Vermutung kann der Wahrheit näher oder ferner stehen. So kommt man zum Begriff der Wahrheitsnähe oder der besseren oder schlechteren Näherung an die Wahrheit, d. h. zum Begriff der 'Wahrheitsähnlichkeit'."

und:

"Die kritische Diskussion kann nie hinreichende Gründe für die Behauptung erbringen, daß eine Theorie wahr sei; sie kann nie unseren Erkenntnisanspruch rechtfertigen." ¹⁶⁹⁾

Aber man kann folgendes behaupten: ¹⁷⁰⁾

"Diese Theorie erscheint gegenwärtig, im Lichte einer gründlichen kritischen Diskussion und strengen und erfinderischen Prüfung, bei weitem als die beste (die stärkste die am besten geprüfte); damit erscheint sie als die der Wahrheit nächste unter den konkurrierenden Theorien."

Das Streben nach (größerer) Wahrheitsähnlichkeit ist somit ein klareres und wirklichkeitsnäheres Ziel als das Streben nach Wahrheit. Außerdem haben wir in den empirischen Wissenschaften niemals genügende Argumente für die Behauptung, wir hätten die Wahrheit erreicht, aber wir können starke und recht gute Argumente dafür haben, daß eine Theorie ihrem Vorgänger vorzuziehen ist, jedenfalls im Lichte der bekannten Vernunftargumente.

Die große Bedeutung, die POPPER der Wahrheitsähnlichkeit (Übereinstimmung mit den Tatsachen) einer Theorie zuerkennt, wird in folgendem Zitat deutlich: ¹⁷¹⁾

"Sollte es aber so etwas geben wie die Übereinstimmung einer Theorie mit den Tatsachen, so wäre das offenbar wichtiger als bloße Widerspruchslosigkeit und sicher auch viel wichtiger als Übereinstimmung mit früheren 'Erkenntnissen'...; denn wenn eine Theorie mit den Tatsachen übereinstimmt, aber nicht mit irgendwelchen früheren Erkenntnissen, dann sind eben diese aufzugeben."

GRÜNBAUM ¹⁷²⁾ zeigt allerdings, daß POPPERs Begriff der Wahrheitsähnlichkeit einige Mängel anhaften:

- 1) Methodologische Inkonsistenz des Gesamtkonzepts, da der Vergleich des Falschheitsgehalts zweier Theorien (der ja zum Vergleich der Wahrheitsähnlichkeit nötig ist) nach GRÜNBAUM induktive Komponenten beinhaltet.
- 2) Mängel im qualitativen Begriff, da falsche Theorien nicht - wie POPPER es fordert - hinsichtlich ihrer Wahrheitsähnlichkeit vergleichbar sind. So beweist TICHY ¹⁷³⁾: Wenn eine Theorie T falsch ist, dann kann keine Theorie eine geringere Wahrheitsähnlichkeit als T haben. ¹⁷⁴⁾ Somit ist - contra POPPER - keine falsche Theorie der Wahrheit näher als eine andere falsche Theorie.
- 3) POPPERs These der erkenntnismäßigen Überlegenheit strenger Tests kann nicht durch den quantitativen Begriff der Wahrheitsähnlichkeit gerechtfertigt werden.

Trotz dieser Mängel sei noch einmal die Rolle der Forderung nach Gehalt und Wahrheitsähnlichkeit bei POPPER erhellt: ¹⁷⁵⁾

"Die Methode der Wissenschaft ist die Methode der kühnen Vermutungen und der sinnreichen und ernsthaften Versuche, sie zu widerlegen."

Eine kühne Vermutung ist eine Theorie mit großem Gehalt - größerem jedenfalls als die Theorie, die wir mit ihr überwinden möchten."

Weiter betrachtet POPPER - da die Idee der Wahrheitsähnlichkeit eine Weiterentwicklung der Konzepte der Bewährung und der Prüfbarkeit darstellt - den Vergleich der Wahrheitsähnlichkeit zweier Theorien als ein besseres Maß für den wissenschaftlichen Fortschritt als den Vergleich des Prüfbarkeitsgrades.

Um nunmehr zwei Theorien bzgl. ihrer Wahrheitsähnlichkeit vergleichen zu können, muß man (u. a.) ihren Wahrheitsgehalt vergleichen. Diesen Vergleich des Wahrheitsgehalts zweier Theorien A und B führt POPPER ¹⁷⁶⁾ auf den Vergleich des logischen Gehalts der beiden Theorien ($LG(A)$ bzw. $LG(B)$) zurück. Sein "theorem on truth-content" lautet:

$$LG(A) < LG(B) \longleftrightarrow A_W \subset B_W .$$

Es besagt also, daß der logische Gehalt von A genau dann Teilmenge des logischen Gehalts von B ist, wenn der Wahrheitsgehalt von A Teilmenge des Wahrheitsgehalts von B ist. Auf Grund dieses Satzes läßt sich folgendes hinreichende Kriterium für den Vergleich der Wahrheitsähnlichkeit zweier Theorien A und B angeben: ¹⁷⁷⁾

(F) $LG(A) < LG(B)$ und $B_F \subseteq A_F \longrightarrow A$ ist weniger wahrheitsähnlich als B.

Dieser Satz könnte die logische Basis für die Methode der Wissenschaft und die Auswahl von Theorien auf Grund ihrer Wahrheitsnähe sein, zumal hier der grundlegende Vorteil von Gehalt-Vergleichen zur Geltung kommt: Man kann konkurrierende Theorien schon vergleichen, bevor sie geprüft worden sind. Er hat nur einen Nachteil: Die Voraussetzung des Satzes, speziell, daß der logische Gehalt von A Teilmenge des logischen Gehalts von B sein soll, ist nur sehr schwer zu erfüllen. Für die in der Wirklichkeit vorkommenden Theorien gilt nämlich oft, daß ihr logischer Gehalt bzgl. der Teilmengenrelation nicht zu vergleichen ist.

Ein Vorschlag, um diesen Mangel zu beheben, wäre, statt des logischen Gehalts zweier Theorien den sogenannten "Fragen-Gehalt" zu vergleichen, wobei man unter Fragen-Gehalt einer Theorie die (ungemessene) Menge der Fragen versteht, die durch die Theorie beantwortet werden können.

BUNGE ¹⁷⁸⁾ kritisiert POPPERS "theorem on truth-content" und die Folgerung (P), da er den Gehalt einer Theorie als unabhängig von ihrer Wahrheit sieht. So kann eine Theorie mit großem Gehalt durchaus falsch sein, wogegen eine "bescheidene" Theorie angenähert wahr sein kann. Somit kann der Grad der Wahrheitsähnlichkeit nicht mit dem Gehalt gemessen werden.

Weitere Bedenken gegen eine Verabsolutierung der Forderungen nach Falsifizierbarkeit und (empirischem) Gehalt erheben auch schon BARKER ¹⁷⁹⁾ und NELSON ¹⁸⁰⁾, die betonen, daß der empirische Gehalt und die Falsifizierbarkeit einer Hypothese dadurch erhöht werden können, daß man sie spezifiziert oder eine andere falsifizierbare Hypothese zu ihr konjugiert, was ja nicht unbedingt einen wissenschaftlichen Fortschritt darstellt.

Weitere mögliche Fassungen des Begriffs "Gehalt" liefert POPPER in SCHILPP (1974) ¹⁸¹⁾ mit den Definitionen des informativen Gehalts und des empirischen Gehalts (in einer Neufassung der oben gegebenen Definition):

- 1) Der informative Gehalt einer Theorie ist die Menge der Aussagen, die inkompatibel mit der Theorie sind.
- 2) Der empirische Gehalt einer Theorie ist diejenige Teilmenge des informativen Gehalts der Theorie, der aus den Basisaussagen (empirischen Aussagen) der Theorie besteht (andere Bezeichnung: Klasse der potentiellen Falsifikationsmöglichkeiten).

Außerdem kann man nach GRÜNBAUM noch zwei weitere Gehalt-Begriffe definieren:

- 3) den "verallgemeinerten Gehalt" in einer komparativen Begriffsform, die man folgendermaßen festlegen kann:
Der verallgemeinerte Gehalt einer Theorie A ist Teilmenge des verallgemeinerten Gehalts einer Theorie B genau dann, wenn der logische Gehalt von A Teilmenge des logischen Gehalts von B oder der Fragen-Gehalt von A Teilmenge des Fragen-Gehalts von B ist.
 - 4) den Problem-Gehalt einer Theorie, der die Menge der in der Theorie sinnvoll zu stellenden Probleme bezeichnen soll.
- POPPER glaubt, mittels des Fragen-Gehalts ähnliche Sätze

wie die beidem oben zitierten Theoreme aufstellen zu können und damit auch Theorien beurteilen und vergleichen zu können, die bzgl. des logischen Gehalts inkommensurabel sind (z. B. die NEWTONsche und die EINSTEINSche Theorie). ¹⁸²⁾

An Hand einer ausführlichen Detailanalyse zeigt GRÜNBAUM ¹⁸³⁾, daß POPPERs Aussage nicht stimmt, wenn er behauptet, daß die EINSTEINSche Theorie auf jede Frage, die die NEWTONsche Theorie beantwortet, auch eine Antwort hat, die mindestens so präzise ist, wie die Antwort der NEWTONschen Theorie. GRÜNBAUM begründet diese Ansicht mit der Verschiedenheit der Grundannahmen beider Theorien und der Tatsache, daß begrifflich keine gemeinsame Vergleichsbasis gegeben ist.

Der Fragen-Gehalt verschiedener Theorien ist also deshalb nicht vergleichbar, weil ihr Problemgehalt inkommensurabel ist und zwar deswegen, weil gewisse Probleme, die sich in einer Theorie stellen, in der anderen Theorie einfach sinnlos sind, da ihre Voraussetzungen dort negiert werden (z. B. durch ein anderes Begriffsgerüst).

Somit ist - zumindest im Fall der NEWTONschen und der EINSTEINSchen Theorie - die Durchführbarkeit und Möglichkeit des direkten Vergleichs - vor jeder Prüfung - von Theorien durch Gehalt-Vergleich (gleich welcher der oben definierten Begriffe zugrunde gelegt wird) sehr fraglich. Dieses Ergebnis siedelt GRÜNBAUM "zwischen" der FEYERABENDSchen Inkommensurabilitätsthese und dem POPPERschen Gehalt-Vergleich an, die seiner Meinung nach beide übertrieben sind.

Diese "Quasi-Inkommensurabilität" kann man jedoch dadurch aufzulösen versuchen, daß man sich beim Vergleich auf Probleme oder Fragen beschränkt die sich in beiden Theorien auf gleich sinnvolle Weise stellen oder deren Prinzipien und Begriffe sich durch Brücken-Theorien - also irgendeine Form von intertheoretischen Relationen (s. 3.2) - in Beziehung bringen lassen.

Durch solche intertheoretischen Relationen kann dann eine Frage, die in einer Theorie sinnvoll, in einer anderen dagegen sinnlos ist, in eine auch für die zweite Theorie sinnvolle Frage übersetzt werden - möglicherweise sogar in eine dort völlig triviale, evtl. aber auch in eine dort unlösbare Frage. (Gerade solche Fälle sind es sogar, die einen solchen Vergleich interessant machen.)

2.2. Einfachheit

Einer der meist erwähnten, aber fast nie genügend erläuterten Begriffe, die bei der Erstellung und Bewertung von Hypothesen und Theorien eine Rolle spielen, ist der Begriff der Einfachheit.

Wurde die Einfachheit in der Scholastik noch objektivistisch als Zeichen der Wahrheit gewertet, so fordert man sie heute meist unter dem praktischen Aspekt der Denkökonomie. So schreibt MACH:¹⁸⁴⁾

"Die Wissenschaft kann...als eine Minimumaufgabe angesehen werden, welche darin besteht, möglichst vollständig die Tatsachen mit dem geringsten Gedankenaufwand darzustellen."

Im Sinne solcher Ökonomieprinzipien entsteht dann natürlich die Forderung, immer die einfachste Theorie zu bevorzugen. Gleich zu Beginn soll jedoch davor gewarnt werden, der Einfachheit eine zu große Bedeutung zuzumessen, denn das Kriterium der Einfachheit hat keinerlei Beziehung zu einem (möglichen?) Kriterium der Wahrheit:

Weder ist aus der Einfachheit einer Aussage auf ihre Wahrheit zu schließen (wie man aus einigen Äußerungen EINSTEINS vermuten könnte) *, noch aus der Wahrheit einer Aussage auf ihre Einfachheit (wie LENIN behauptet, daß menschliches Denken dann "ökonomisch" sei, wenn es die objektive Wahrheit richtig widerspiegelt).¹⁸⁵⁾

Auch ist "die Einfachheit" keineswegs ein in sich geschlossener und eindeutiger Begriff, dessen Anwendung immer zu eindeutigen Ergebnissen führt. Vielmehr gibt es sowohl verschiedene Arten der Einfachheit als auch verschiedene mögliche Definitionen derselben.

*) Wohl gibt es gemäßigte Meinungen wie die von BARKER, der die einfachere Erklärung (und folglich auch die daran beteiligte Theorie) als diejenige betrachtet, die mit größerer Wahrscheinlichkeit wahr ist¹⁸⁶⁾ oder die von GOODMAN, der Einfachheit und Wahrheit als Faktoren sieht, die bei der Wahl zwischen alternativen Systemen manchmal nicht klar zu unterscheiden sind.

So unterscheidet BUNGE ¹⁸⁷⁾ folgende Formen der semiotischen Einfachheit (Einfachheit der Begriffe, Sätze und Theorien), die er von der ontologischen Einfachheit (Einfachheit der Dinge und Ereignisse; kurz: Einfachheit der Welt) abgrenzt:

- 1) syntaktische Einfachheit - Diese hängt ab von:
 - a) der Anzahl und Struktur der primitiven außerlogischen Terme
 - b) der Anzahl und Struktur der unabhängigen Postulate
 - c) den Regeln der Aussagentransformation
- 2) semantische Einfachheit - Diese hängt ab von der Anzahl der Bedeutungsspezifikationen der grundlegenden Prädikate
- 3) epistemologische Einfachheit - Diese hängt ab von der Nähe zu den Sinnesdaten
- 4) pragmatische Einfachheit - Diese kann weiter differenziert werden:
 - a) psychologische Einfachheit (Verständlichkeit)
 - b) Einfachheit der Bezeichnungen (Ökonomie und Suggestivkraft der Symbole)
 - c) algorithmische Einfachheit (der Berechnungen)
 - d) experimentelle Einfachheit (Entwurf und Durchführung von Tests)
 - e) technische Einfachheit (der Anwendung auf praktische Probleme)

Die verschiedenen Arten der Einfachheit sind teilweise nicht miteinander vereinbar, da beispielsweise eine Erhöhung der syntaktischen Einfachheit eine größere Komplexität (d. h. Nicht-Einfachheit) der Semantik zur Folge hat.

Die Einfachheit spielt an verschiedenen Stellen des Wissenschaftsprozesses eine Rolle:

- 1) bei der Konstruktion von Theorien
- 2) bei der Bewertung von Theorien

KEMENY ¹⁸⁸⁾ erörtert beide Fälle und stellt das Vorgehen des Wissenschaftlers dar, das sich an drei Regeln orientieren soll:

Regel 1: Wähle die Hypothese, die - so gut es geht - mit den beobachteten Werten übereinstimmt.

Zur Präzisierung des hier benutzten Begriffs der "Übereinstimmung" führt KEMENY Maßfunktionen (z. B. den Absolutbetrag

der Differenzwerte) ein, mit denen er die "Abweichung" zwischen beobachtetem Wert und dem auf Grund der Hypothese vorausgesagten Wert bestimmt.

Nach Anwendung dieser Regel bleiben jedoch immer noch unendlich viele Möglichkeiten der Entscheidung für eine Hypothese. Wählt man für die beobachteten Werte beispielsweise eine graphische Darstellung, so ergeben sich endlich viele isolierte Punkte. Durch diese Punkte kann man unendlich viele Kurven legen, die jeweils die graphische Darstellung der möglichen Gesetzesaussagen bilden (curve-fitting-Problem). Die Wahl zwischen den möglichen Hypothesen wird zwar durch eine größere Anzahl von Daten eingeengt, aber es bleiben immer noch unendlich viele Alternativen übrig, und wir können unsere Entscheidung nicht immer weiter hinauszögern, irgendwann müssen wir eine der Hypothesen als gültig ansehen, wobei sie natürlich gegen mögliche Widerlegungen offen bleibt. Ziel des Vorgehens der Wissenschaft ist es, daß mit steigender Zahl der Experimente die Menge der nach Regel 1 gewählten Hypothesen gegen eine eindeutig bestimmte Aussage - die wahre Hypothese - konvergieren (bzgl. einer Relation, die KEMENY "Unterschied zwischen Hypothesen" nennt und die auf der Grundlage der oben konstruierten "Abweichung" definiert wird). Dies läßt sich jedoch - leider - nicht beweisen.

Um dennoch zu einer eindeutigen Entscheidung zu gelangen, könnte man als Verschärfung von Regel 1 die folgende Regel akzeptieren:

Regel 2: Wähle die Hypothese, die - so gut es geht - mit den beobachteten Werten übereinstimmt; wenn dann noch Hypothesen zur Wahl stehen, wähle davon die einfachste.

Wegen unvermeidbarer Meßungenauigkeiten beschreibt diese Regel jedoch nicht das tatsächliche Vorgehen der Wissenschaft. Die Regel, nach der tatsächlich gearbeitet wird, würde etwa lauten:

Regel 3: Wähle die einfachste Hypothese, die mit den beobachteten Werten verträglich ist.

KEMENY präzisiert die "Verträglichkeit" von Hypothesen und beobachteten Werten mittels der "Abweichung", die gewisse Prozentwerte (abhängig von der Anzahl der beobachteten Werte) nicht übersteigen darf und rechtfertigt die Regel 3 durch

folgende Überlegungen:

Es könnte zwei Gründe geben, warum Regel 3 nicht zur wahren Hypothese führt: ¹⁸⁹⁾

- (1) Die wahre Hypothese H ist nicht verträglich mit den Beobachtungen.
- (2) H ist zwar verträglich mit den Beobachtungen, aber eine einfachere Hypothese H' ist auch verträglich mit den Beobachtungen, so daß wir durch Regel 3 H' statt H wählen würden.

Möglichkeit (1) ist nun auf Grund der Definition von "verträglich" mit hoher (entsprechend der Prozentschranke bei der Definition) Wahrscheinlichkeit auszuschließen.

Möglichkeit (2) ist deswegen nicht zu befürchten, weil es - für genügend große Anzahl der beobachteten Werte - immer ein Intervall um H gibt, in dem keine einfachere Hypothese mehr liegt, so daß Regel 3 zwangsläufig zur Wahl von H führt.

Damit ist Regel 3 gerechtfertigt; das bedeutet natürlich nicht, daß die einfachste Hypothese wahr ist, sondern nur, daß die wahre Hypothese (unter sehr stark einschränkenden Bedingungen (s. obige Konstruktion)) die einfachste ist.

Bei seinen gesamten Untersuchungen setzt KEMENY vom Einfachheitsbegriff nichts anderes voraus als eine gewisse Ordnungsstruktur, die er auf einer Menge von Hypothesen über Inklusionen von Unterklassen definiert, indem er sich an beliebig vorgebbaren Merkmalen orientiert: Stellenzahl einer Dezimalzahl, Zahl der Parameter einer Kurve, Anzahl der Ordnung der Gleichungen in einem (Differential-)Gleichungssystem etc.. Er führt also eine Einfachheitsordnung in bezug auf jeweils bestimmte Problemsituationen ein, nicht in bezug auf das ganze System.

Dieses Vorgehen ist jedoch nicht unumstritten; so bezweifelt ACKERMANN ¹⁹⁰⁾, ob die Einführung der oben erwähnten Ordnungsstruktur immer möglich ist.

Weitere Probleme des Ansatzes von KEMENY liegen in der Schwierigkeit der Einordnung der Exponential-, Logarithmus- und trigonometrischen Funktionen, da er bei Funktionen nur den Grad von Polynomen als Maßstab nimmt.

Die Überlegungen KEMENYs gelten natürlich nicht nur beim Aufbau einer Theorie, d. h. bei der Wahl der Hypothesen, aus

denen die Theorie besteht. Sie spielen auch beim Vergleich von Theorien eine Rolle:

Dazu nimmt man aus beiden Theorien jeweils Hypothesen, die Aussagen über das gleiche Phänomen machen und vergleicht sie hinsichtlich ihrer Einfachheit. Klassisches Beispiel für dieses Vorgehen ist die Gegenüberstellung des KOPERNIKANISCHEN und des PTOLEMÄISCHEN Systems anhand des Vergleichs der Einfachheit der berechneten Planetenbahnen unter Bezugnahme auf die Anzahl der Parameter der Kurven.

Damit ist natürlich nicht die Einfachheit des jeweiligen Systems erfaßt, aber zumindest die Einfachheit charakteristischer Teile einer Theorie.

Bzgl. konkreter Ansätze zur Bestimmung der syntaktischen Einfachheit von Begriffen, Aussagen oder Theorien sind viele Versuche unternommen worden

Für BARKER ¹⁹¹⁾ ist eine Erklärung und folglich die daran beteiligte Theorie um so einfacher, je weniger Begriffe bzw. Typen von Begriffen in ihr vorkommen, je kürzer sie also ist. Ein Vergleich der Anzahl der Terme einer Theorie als Maß der Einfachheit scheitert jedoch daran, daß man mehrere Prädikate durch Definition eines neuen zusammenfassen kann, wodurch die Theorie nicht einfacher wird, sondern nur die Zahl der Prädikate sinkt. Durch einschränkende Bedingungen an die Prädikate könnte man allerdings versuchen, diese Schwierigkeiten zu beheben.

Mehrere Versuche, einen numerischen Begriff der syntaktischen Einfachheit von Termen zu konstruieren, finden sich bei BUNGE ¹⁹²⁾. Sie soll Zahlenwerte zwischen 0 (unendliche Komplexität) und 1 (größte Einfachheit) annehmen.

Er zeigt ¹⁹³⁾, daß die üblichen Ansätze zur Bestimmung der syntaktischen Einfachheit von Termen (mittels Anzahlbetrachtungen) bisher nur für relativ arme Modellsprachen durchführbar sind, die z. B. keine metrischen Prädikate oder solche mit wechselseitigen Abhängigkeiten enthalten.

Er fordert deshalb, die Theorien der Einfachheit von Prädikaten weiter auszubauen und auch auf komplexere Systeme zu erweitern. GOODMAN, der Pionier auf dem Gebiet der Untersuchungen über die Einfachheit, setzt wegen der oben angedeuteten Schwierigkeiten eines reinen Anzahlvergleichs seine Beurteilung der

Einfachheit bei den Prädikaten an:

Ist eine Menge von Prädikaten durch eine andere Menge ersetzbar, so kann die erste nicht komplexer sein als die zweite. Durch zusätzliche Prinzipien über die Ersetzbarkeit von Prädikaten verschiedener logischer Typen gelingt es ihm, den jeweiligen Prädikaten verschiedene positive Einfachheitswerte zuzuordnen.

Dieses Verfahren weist zwar den Termen Einfachheitswerte zu, gibt aber kein Maß der Gesamt-Einfachheit. GOODMANs Theorie ist noch nicht auf Hypothesen oder gar Theorien erweitert. Naheliegende Vorschläge bringen keinen Nutzen, wie z. B. die Bezeichnung der Summe der Einfachheitsgrade der in der Hypothese vorkommenden Basisbegriffe als Einfachheitsgrad der Hypothese.

Auch BUNGE ¹⁹⁴⁾ diskutiert Versuche der Bestimmung der Einfachheit von Aussagen und Theorien und kommt zu dem Ergebnis, daß bisher kein adäquates Maß für die syntaktische Einfachheit von Aussagen zur Verfügung steht, folglich also erst recht nicht für die syntaktische Einfachheit von Theorien.

Um schließlich doch zumindest einen Vergleich konkurrierender Theorien bzgl. der syntaktischen Einfachheit zu ermöglichen, bezieht sich SCHAFFNER ¹⁹⁵⁾ auf den Vergleich der Anzahl der Axiome der jeweiligen Systeme. Dabei wird vorausgesetzt, daß jedes Axiom einen irreduziblen Effekt beschreibt. ¹⁹⁶⁾ Diese Einschränkung muß hinzugefügt werden, damit nicht durch Konjunktion von Aussagen oder Prädikaten Änderungen der Einfachheit resultieren, obwohl sich eigentlich an der Theorie nichts geändert hat.

Mit dieser Begriffsbildung kann man z. B. ad-hoc-Hypothesen als komplexitätssteigernd erkennen und daraus - je nach Wichtung der Einfachheitsforderung - die Ablehnung solcher Hypothesen herleiten.

Bzgl. obiger Versuche jedoch wendet BUNGE ¹⁹⁷⁾ ein, daß eine Theorie auf verschiedene äquivalente Arten axiomatisiert werden kann, was möglicherweise den Einfachheitsgrad der Theorie ändern könnte.

Deshalb muß man zwischen

- 1) der offenen Einfachheit (die man sofort "sieht")
- und 2) der latenten Einfachheit (die sich bei genauer Analyse zeigt)

unterscheiden.

Diese Unterscheidung ist auch schon bei den Prädikaten sinnvoll: So gilt beispielsweise $1 = \cos(0)$, womit die latente Einfachheit von 1 und $\cos(0)$ gleich ist. Die offene Einfachheit wäre jedoch durchaus zu unterscheiden. In seiner weiteren Untersuchung diskutiert BUNGE auch einige Ansätze der Bestimmung der semantischen Einfachheit, kommt dabei jedoch zu folgendem Ergebnis:

"...if the theory of logical simplicity [also syntaktische Einfachheit] is an infant, that of semantical simplicity is not yet born" ¹⁹⁸⁾,

denn es existieren nur einige vage und kaum entwickelte Ansätze und Vorschläge.

Weiterhin kommt er bzgl. der Forderung der epistemologischen Einfachheit zu dem Schluß, daß die konsequente Erfüllung dieser Forderung (beispielsweise dadurch, daß wir all unser Wissen auf Beobachtungswissen und daraus resultierende Beobachtungssätze beschränken) zu einer unendlichen syntaktischen Komplexität führt.

Da außerdem der Fortschritt der Wissenschaft immer von epistemologischer Komplizierung begleitet war, muß es immer ihr Bestreben gewesen sein, diese Form der Einfachheit zu vermeiden.

Sie suchte (und sucht noch) diese Komplexität natürlich nicht um ihrer selbst willen, sondern aus folgenden Gründen:

- a) Epistemologische und syntaktische Einfachheit sind unverträglich und
- b) Syntaktische, semantische und pragmatische Einfachheit werden höher gestellt als die epistemologische Einfachheit.
- c) Die epistemologische Einfachheit ist mit der Forderung nach Tiefe unverträglich.
- d) Die Forderungen nach Tiefe und Informationsgehalt gelten als wichtiger als die Forderung nach einer Form der Einfachheit, die zu einer gehaltleeren Ansammlung von Beobachtungsaussagen führt.

Gerade um dies zu vermeiden, wählt POPPER ¹⁹⁹⁾ einen wesentlich anderen Zugang zum Prinzip der Einfachheit, indem er ihren ästhetisch-pragmatischen Charakter eliminiert und den Begriff der Einfachheit mit dem des Falsifizierbarkeits-

grades identifiziert:

Eine Theorie ist um so einfacher, je besser sie falsifizierbar (und somit prüfbar) ist, je leichter man sie also eliminieren kann. Auf Grund der Definition des Falsifizierbarkeits-/Komplexitätsgrades bzw. der Dimension einer Theorie (vgl. p. 65) ist klar, daß niedrigerdimensionale Theorien einfacher falsifizierbar sind als höherdimensionale und somit zugleich auch einfacher sind.

Da der Falsifizierbarkeitsgrad einer Theorie, der mit ihrer Allgemeinheit und Präzision wächst, mit ihrem Gesetzmäßigkeitsgrad identifiziert werden kann, erhalten wir grob vereinfacht folgende Beziehung:

Falsifizierbarkeitsgrad = Einfachheit = Gesetzmäßigkeitsgrad.
Damit erhält die Einfachheit bei POPPER eine herausragende Stellung.

Viele klassische Beispiele, die meist ohne Präzisierung des Begriffs der Einfachheit gegeben wurden, werden mit dieser Definition verständlich. Beispielsweise bezeichnet man ein allgemeines Gesetz als einfacher als eine Menge von Einzelaussagen, was durch die Identifizierung von Einfachheit und Gesetzmäßigkeitsgrad einleuchtet.

Vor allem wird durch obige Ausführungen die Bedeutung und Rechtfertigung der Einfachheitsforderung klar: Einfachere Sätze sind deshalb zu bevorzugen, weil sie leichter falsifizierbar und damit besser prüfbar sind als weniger einfache. Sie haben vor allem einen größeren empirischen Gehalt, (und großer empirischer Gehalt ist ja ein Ziel der Wissenschaft). Somit muß auch Einfachheit eines ihrer Ziele sein.

QUINE²⁰⁰⁾ vertritt eine zu POPPER diametral entgegengesetzte Position: er ersetzt Falsifizierbarkeit durch Bestätigungsfähigkeit:

Eine Hypothese ist um so einfacher, je besser sie zu bestätigen ist.

HINTIKKA präzisiert diesen Ansatz: Die einfachsten Sätze haben den höchsten Bestätigungsgrad, der mit wachsendem Erfahrungsdatum gegen 1 konvergiert.

Aber dieser Ansatz hat (im Gegensatz zu POPPERs) folgende Konsequenz: Die Einfachheit einer Aussage folgt aus einem geringen Gehalt, denn eine weniger präzise - also gehalt-

losere - Aussage kann natürlich viel leichter bestätigt werden als eine präzise.

Wenn man nun die Forderungen nach Einfachheit und hohem Informationsgehalt gleichzeitig erfüllen will, erscheint POPPERs Konzept erfolgversprechender, wobei jedoch zu beachten ist, daß es nicht der intuitiven Auffassung von der Einfachheit gerecht wird, was QUINEs Konzept wohl eher leistet.

Die Forderung nach Einfachheit einer Theorie kann sich auf verschiedene Aspekte beziehen ²⁰¹⁾. So unterscheidet CARNAP ²⁰²⁾ Forderungen der Einfachheit für

- a) die Grundgesetze
- b) die auf Grund dieser Gesetze vorgenommene Beschreibung des Weltzustandes.

Dies entspricht der DINGLERSchen Unterscheidung ²⁰³⁾ von:

- a) innenbestimmter Einfachheit (der Grundgesetze)
- b) außenbestimmter Einfachheit (der auf Grund dieser Gesetze vorgenommenen Beschreibungen).

Während für CARNAP die beiden Möglichkeiten sich ausschließen, zeigt DINGLER ²⁰⁴⁾

"daß die außenbestimmte Einfachheit an der Front der ersten Bearbeitung neuer Effekte gar nicht in Widerspruch steht zu der innenbestimmten Einfachheit der bereits gesicherten Teile der Physik."

Zur konkreten Entscheidung zwischen Theorien auf Grund der Einfachheitsforderung muß man nach CARNAP folgendermaßen vorgehen:

- 1) Entscheiden, in welcher der beiden angegebenen Arten der Grundsatz der Einfachheit angewandt werden soll.
- 2.1) Wenn man sich für Weg a) entscheidet, so gilt es, Kriterien aufzustellen (bzw. anzuwenden), die es gestatten, den Grad der Einfachheit eines Axiomensystems in sich (d. h. ohne Rücksicht auf die Anwendung) zu bestimmen.
- 2.2) Wenn man sich dagegen für Weg b) entscheidet, so muß man:
 - I) Richtlinien erstellen, welche Empfindungsinhalte wesentlich sind und als Prüfpunkte dienen sollen.
 - II) Maßstäbe festsetzen (bzw. falls schon vorhanden anwenden), um den Grad der Einfachheit der Struktur physikalischer Vorgänge bestimmen zu können.

Paradigmatische Beispiele für die von CARNAP dargestellten Möglichkeiten sind die Einfachheitsprinzipien von POINCARÉ und EINSTEIN bei der Diskussion der Gültigkeit der euklidischen Geometrie für unsere physikalische Welt:

... - POINCARÉ bevorzugt die euklidische Geometrie, weil sie sich gegenüber anderen Geometrien als die einfachste erweist. Als Kriterium der Einfachheit wählt er dabei das Krümmungsmaß, das bei der euklidischen Geometrie gerade den ausgezeichneten Wert 0 annimmt. Er beschreitet also den CARNAPschen Weg a). ²⁰⁵⁾

... - EINSTEIN ließ sich offenbar von einem ganz anderen Prinzip leiten, da er dem Raum eine nichteuklidische Struktur zuordnet. Dieses EINSTEINSche Prinzip wurde von REICHENBACH rekonstruiert:

Bei der Aufstellung einer Theorie soll es stets vermieden werden, daß Naturgesetze eingeführt werden müssen, um universelle Effekte zu erklären. ²⁰⁶⁾

Diese Forderung entspricht also dem CARNAPschen Weg b) und präzisiert ihn hinlänglich.

Historisch und wissenschaftspraktisch gesehen erscheint - vom Erfolg (zumindest in diesem speziellen Beispiel) her beurteilt - Weg b) zu praktischeren Entscheidungen zu führen, was jedoch keineswegs die Möglichkeit ausschließt, Weg a) zu befolgen.

Zur Bestimmung der Bedeutung der Einfachheit untersucht BUNGE ²⁰⁷⁾ insgesamt zwanzig Kriterien zur Beurteilung von Theorien und analysiert sie auf ihren Zusammenhang zur Einfachheit hin:

- 1) Syntaktische Korrektheit: Einfachheit ist kein Faktor der syntaktischen Korrektheit, aber sie erleichtert deren Überprüfung.
- 2) Systematizität/Begriffliche Einheitlichkeit (Die Begriffe müssen "zusammenhängen"): Einfachheit der Prädikat-Basis ist ein hinreichendes aber nicht notwendiges Kriterium der Systematizität.
- 3) Sprachliche Exaktheit (Vermeidung von Vagheiten und Mehrdeutigkeiten): Sie hat wenig Beziehungen zur Einfachheit.
- 4) Empirische Interpretierbarkeit: Da eine abstrakte Theorie einfacher ist als eine interpretierte, ist Einfachheit für dieses Desideratum nicht förderlich.

- 5) Repräsentativität (Die Theorie soll typisch für eine Menge von Ereignissen sein, nicht nur eine Beschreibung von einzelnen Vorgängen): Sie führt zu größerer Komplexität, so daß Einfachheit hierfür keine angebrachte Forderung ist.
- 6) Semantische Einfachheit: Sie ist eine zweischneidige Forderung, da sie einerseits die Handhabung der Theorie erleichtert, andererseits zu Oberflächlichkeiten führen kann.
- 7) Externe Konsistenz (Konsistenz zwischen der Theorie und dem Hintergrundwissen): Da externe Konsistenz eine Vielzahl von Verbindungen zu allen Wissensbereichen erfordert, verringert sie die Einfachheit.
- 8) Erklärungskraft (Kurz: Anwendungsbereich Exaktheit): Da größerer Anwendungsbereich und größere Exaktheit größere Komplexität erzeugen, sind Erklärungskraft und Einfachheit unverträglich.
- 9) Prognosekraft: Aus gleichen Gründen wie in 8) ist auch die Prognosekraft inkompatibel mit der Einfachheit.
- 10) Tiefe: Die Tiefe ist inkonsistent mit der epistemologischen und mit der pragmatischen Einfachheit.
- 11) Ausdehnbarkeit (auf neue Bereiche): Sie hat ebenfalls Komplexität zur Folge, erreicht damit allerdings eine methodologische Vereinfachung.
- 12) Fruchtbarkeit: Hier ist die Einfachheit irrelevant.
- 13) Originalität: Die Forderung nach Einfachheit hemmt gewagte Ideen, die eingefahrene Wege verlassen.
- 14) Erforschbarkeit (Die Prädikate und methodologischen Voraussetzungen der Theorie müssen erforschbar und kontrollierbar sein): Auch hier besteht keine strenge Korrelation zur Einfachheit.
- 15) Widerlegbarkeit: Semantische, epistemologische und experimentelle Einfachheit sind günstig für die Widerlegbarkeit, wogegen die syntaktische Einfachheit zweideutig ist: einerseits erfordert Widerlegbarkeit Exaktheit, die wiederum Komplexität erzeugt, andererseits reduziert die Forderung der syntaktischen Einfachheit die Anzahl der beteiligten Prädikate und erhöht damit die Prüfbarkeit.
- 16) Bestätigungsfähigkeit: Die Einfachheit ist umgekehrt relevant für die Bestätigungsfähigkeit.

- 17) Methodologische Einfachheit (Technische Möglichkeit, die Theorie zu prüfen): Diese Forderung darf nicht zu eng gefaßt werden, damit sie nicht die Entwicklung tieferer Theorien verhindert.
- 18) Bereichs - Einsparung: Diese Forderung ist zweideutig. Je nach Bezugspunkt ²⁰⁸⁾ kann sie zur Einfachheit oder zur Komplexität beitragen.
- 19) Metawissenschaftliche Verträglichkeit: Einfachheit ist bestenfalls irrelevant für die metawissenschaftliche Verträglichkeit, außer wenn sie explizit in den Kriterien dieser Verträglichkeit enthalten ist.
- 20) Weltanschauungs-Verträglichkeit: Die Einfachheit ist ebenso inkonsistent mit der Weltanschauungs-Verträglichkeit wie mit der externen Konsistenz.

In nur wenigen Fällen ist die Forderung der Einfachheit also mit den jeweiligen anderen Charakteren/Forderungen verträglich, in der Mehrzahl der Fälle ist das Postulat der Einfachheit entweder zweideutig oder unverträglich mit den jeweiligen anderen Forderungen.

BUNGE untersucht anschließend bekannte Beispiele der Theorien-Konkurrenz. Er zeigt dabei, daß die Wahl zwischen den Theorien auf Grund mehrerer seiner Kriterien stattgefunden hat, daß aber die Einfachheit nirgends den Hauptausschlag gegeben hat, ja daß sogar oft die neuere Theorie bemerkenswerterweise viel komplexer war als die besiegte. So ist nach BUNGE das heliozentrische System komplexer als das PTOLEMÄISCHE und zwar sowohl epistemologisch als auch geometrisch-mathematisch. ²⁰⁹⁾ Spätestens angesichts dieser Konsequenz stellt sich natürlich die Frage, mit welchem Einfachheitsbegriff BUNGE operiert, einem Einfachheitsbegriff, der

- 1) ihn in diesem Falle zu einer Einstufung des KOPERNIKANISCHEN Systems kommen läßt; die der üblichen wissenschaftlichen und wissenschaftstheoretischen Auffassung konträr gegenübersteht;
- 2) ihn zu der Behauptung führt (vgl. Punkt 10)), daß Einfachheit und Tiefe unverträglich sind. (Also wäre z. B. die "tiefe" Formel $E = mc^2$ nicht einfach!?)

BUNGE arbeitet bei seiner Kritik der Einfachheitsforderung mit verschiedenen Einfachheitsbegriffen. Da die einzelnen

Begriffe durchaus verschieden sind, wie er selbst eingesteht (vgl. hier, p. 74), ja sogar teilweise unverträglich, gelangt er - indem er jeweils eine geeignete (bzw. gerade die ungeeignete) Form der Einfachheit herausgreift - zu einer umfassenden Ablehnung der Einfachheitsforderung.

Diese Kritik wird verständlicher, wenn man sie statt als umfassende Kritik der Einfachheitsforderung als Kritik der umfassenden Einfachheitsforderung auffaßt, was angesichts der möglichen Arten der Einfachheitsforderung natürlich gerechtfertigt ist. Dies wird ferner deutlich bei BUNGES weiterer Argumentation zur Rolle der Einfachheit im Wissenschaftsprozess: Die Forderung der Einfachheit ist:

- 1) unerwünscht im Stadium der Problemfindung, da neue Probleme neue Komplexität mit sich bringen und neue Probleme sogar oft erst dadurch gefunden werden, daß auch komplexere Gesichtspunkte berücksichtigt wurden
- 2) erwünscht in der Problemformulierung, da das Problem dadurch besser lösbar wird oder zumindest zu einer approximativen Lösung gelangen kann. Wir erreichen somit leichter eine Problemlösung, möglicherweise jedoch nicht eine Lösung des ursprünglichen, sondern nur des vereinfachten Problems.
- 3) nolens-volens an der Konstruktion von Theorien beteiligt (vgl. die Darlegung der Verwendung der Einfachheit beim curve-fitting Problem)
- 4) günstig für die Prüfbarkeit der Theorien, wobei die Einfachheit allerdings oft durch anderwärtige Komplexität kompensiert wird
- 5) unbrauchbar für die Beurteilung von Theorien (denn keine Theorie sollte der Einfachheit geopfert werden).

Die Rolle der Einfachheit reduziert sich damit auf die Norm, Überflüssigkeiten zu minimalisieren und die triviale Erkenntnis, daß eine wirksame Theorie, wenn sie darüber hinaus einfach ist, doppelt so wirksam ist.

Die Bemerkung unter 5) (keine Theorie sollte der Einfachheit geopfert werden) und die Schlußbemerkung (eine wirksame Theorie, die einfach ist, ist doppelt so wirksam) lassen noch einmal erkennen, daß BUNGE sich nur gegen ein überzogenes und un-

differenziertes Einfachheitskriterium wendet, das allein die Beurteilung von Hypothesen und Theorien leitet, nicht aber gegen eine gemäßigte Form, die sich auf spezielle Einfachheitsformen beschränkt und durchaus anderen Kriterien die Priorität läßt.

So kommt er auch zu dem abschließenden Rat: ²¹⁰⁾

Vereinfache in gewisser Beziehung solange wie die Vereinfachung keine interessanten Probleme eliminiert und keinen ernststen Verlust an Allgemeinheit, Prüfbarkeit und Tiefe nach sich zieht.

Eine Frage, die sich angesichts BUNGES Kritik natürlich stellt, ist die folgende:

Wie läßt sich die Einfachheitsforderung denn überhaupt rechtfertigen?

Die Antworten auf diese Frage sind mannigfaltig:

- 1) als Erwiderungen gegen Kritik: So ist für BARKER ²¹¹⁾ der Mangel an expliziten und eindeutigen Kriterien und Definitionen für die Einfachheit kein Zeichen für ihre Subjektivität oder Unbrauchbarkeit.
- 2) als selbständige Begründungsversuche:
 - a) Theorien liefern die einfachere Beschreibung gegenüber der Beschreibung durch einzelne besondere Sätze. Werden also Theorien wegen ihrer Einfachheit verwendet, so soll man dann auch - in Extrapolation dieses Prinzips - unter verschiedenen möglichen Theorien die einfachste auswählen. (Dieser Extrapolationsschritt erfährt jedoch keine weitere Rechtfertigung, so daß die Einfachheit quasi durch sich selbst begründet wird.)
 - b) Unser Universum ist einfach; folglich sind einfache Hypothesen und Theorien mit größerer Wahrscheinlichkeit wahr. (Hier wird die Forderung nach semiotischer Einfachheit durch das nicht weiter zu begründende Postulat der ontologischen Einfachheit gestützt. Die Voraussetzung dieses Arguments ist also eine nicht beweisbare (metaphysische) Annahme.)
 - c) Das Einfachheitsprinzip ist so grundlegend, daß es nicht gerechtfertigt zu werden braucht. (Dann dürfte allerdings eine gehaltlose Hypothese oder Theorie nicht

verworfen werden, weil sie zu einfach ist.)

- d) Einfache Theorien werden bevorzugt, weil sich in der Vergangenheit gezeigt hat, daß einfache Theorien öfter richtig waren als komplizierte. Daraus wird die induktive Generalisierung gezogen, daß einfachere Theorien sich auch künftig öfter als richtig erweisen werden. (Damit wird jedoch die Frage nach der Rechtfertigung der Einfachheit nur von der (ungelösten) Frage der Rechtfertigung der Induktion abgelöst. Außerdem gerät man leicht in einen Explikationszirkel, da induktive Verallgemeinerungen ja meist auf Grund von Einfachheitsüberlegungen gewonnen werden.)
- e) Die Einfachheit ist ein nützliches regulatives Prinzip, das keine Behauptungen über die Struktur des Universums macht, sondern nur eine pragmatische Richtschnur darstellt. Einfachere Theorien sind besser anwendbar und können zu Theorien mit einem größeren Anwendungsbereich verallgemeinert werden. (Hierbei kann man allerdings nicht rechtfertigen, warum die Einfachheit ein besseres regulatives Prinzip ist als mögliche andere. Will man jedoch nur eine gemäßigte Form der Einfachheitsforderung (s. o.), so entfällt diese Notwendigkeit.)
- f) Die syntaktische Einfachheit fördert:
 - 1) die Systematizität und den Zusammenhang der Begriffe
 - 2) die leichtere Prüfung der Konsistenz und Vollständigkeit der Axiomatischen Basis
 - 3) die empirische Prüfbarkeit.

Da sowohl Systematizität als auch Prüfbarkeit der Konsistenz und Vollständigkeit und ferner die empirische Prüfbarkeit Ziele der Wissenschaft sind, ist auch die (syntaktische) Einfachheit wünschenswert.

Gerade diese letzten Begründungen erhellen noch einmal die Bedeutung der Einfachheitsforderung, die andererseits nicht überbewertet werden darf und immer nur in Zusammenhang mit anderen Bedingungen zu sehen ist:

- 1) Nicht die einfachste, sondern die einfachste unter gleich gut bestätigten (bewährten) Aussagen (Theorien) ist zu wählen. Außerdem wird die Verträglichkeit mit anderen Aussagen (Theorien) gefordert.

- 2) Nicht die einfachste, sondern die einfachste unter gleich präzisen Aussagen (Theorien) ist zu wählen.
- 3) Nicht eine einfache und enge, sondern eher eine breitere und komplexere Theorie wird vorzuziehen sein. 212)
- 4) Auf jeden Fall resultiert die Annahme einer Theorie aus einem Kompromiß zwischen der "Übereinstimmung mit den Tatsachen" und der Forderung der Einfachheit; denn: Tatsachenansammlungen stimmen am besten mit den Tatsachen überein (also die schon oben als unerwünscht erkannte epistemologische Einfachheit), sie sind jedoch kompliziert und nicht sonderlich gehaltvoll. Folglich führt überhaupt erst die Forderung nach - nicht - epistemologischer - Einfachheit, korrelierend mit der Forderung nach Gehalt (im Sinne des Einfachheitsbegriffs POPPERs) bzw. (im Sinne der anderen Einfachheitsbegriffe) unter Hinzunahme der Gehaltsforderung, zu abstrakten Systemen, also zu Theorien im engeren Sinne.

2.8 Prüfbarkeit, Bestätigbarkeit, Bewährbarkeit und Stützbarkeit

Wie schon in 2.1 gesehen, ist die Prüfbarkeit/Testfähigkeit eine der grundlegenden Eigenschaften von Theorien.

Die Prüfbarkeit einer Theorie wächst mit ihrer Allgemeinheit und Präzision; denn:

"Mit dem Grade der Allgemeinheit einer Theorie wächst der Bereich der Ereignisse, über die die Theorie etwas voraus-sagen kann und damit der Bereich der möglichen Falsifi-kationen. Die Theorie, die leichter falsifizierbar ist, ist aber zugleich die Theorie, die besser prüfbar ist." ²¹³⁾

Außerdem steigt der Grad der Prüfbarkeit mit dem Gehalt und mit der Prognosekraft.

POPPERs Grad der Prüfbarkeit beruht darauf, daß einige Theorien sich möglichen Widerlegungen leichter aussetzen als andere. So ist z. B. eine Theorie, die numerische Voraus-sagen erlaubt, viel besser prüfbar als eine Theorie, die nur vague qualitative Voraussagen ermöglicht.

Von der Fähigkeit einer Theorie zu (experimenteller) Über-prüfung hängt die Akzeptierung der Theorie ab; eine solche Über-prüfung ist aber nur dann möglich, wenn aus der Theorie be-obachtbare Phänomene ableitbar sind. Jede prüfbare Theorie muß die Beschreibung der Operationen enthalten, durch die sie getestet werden kann. Genügt eine Theorie dieser Bedingung, so hat sie nach P.W. BRIDGMAN eine "operationale Bedeutung". BRIDGMAN unterscheidet folgende Operationen, die den Sinn eines wissenschaftlichen Terms spezifizieren können:

- 1) instrumentelle Operationen, die aus verschiedenen An-weisungen über Beobachtungen und Messungen bestehen
- 2) "paper-and-pencil operations", also sogenannte symbolische Operationen (verbale Operationen, Gedankenexperimente,...)

Die sich daraus entwickelnde Auffassung des Operation(al)ismus fordert über die obige Bedingung hinaus, daß alle Begriffe einer Theorie operational definierbar sein müssen.

Die Schwierigkeiten operationaler Definitionen liegen jedoch darin, daß man mit Wenn-dann-Sätzen arbeitet (z. B. x ist wasserlöslich genau dann, wenn gilt: Wenn x in Wasser gegeben wird, dann löst es sich auf). Solche Sätze sind aber immer

dann richtig, wenn der Wenn-Satz falsch ist. So wären z. B. alle Gegenstände, die nicht ins Wasser gegeben würden, nach obiger Definition wasserlöslich (Problem der Dispositionsterme). Diese und andere Schwierigkeiten führten - trotz zahlreicher Rettungsversuche - schließlich zu der Auffassung, daß nicht alle Terme operational definiert werden können.

BRIDGMAN selbst wendet sich sogar dagegen, von Operationismus oder Operationalismus zu sprechen, weil dies ein Dogma zu implizieren scheint und eine Entwicklung bezeichnet, die er nicht unbedingt beabsichtigte ("... I feel that I have created a Frankenstein..." ²¹⁴). Er erkennt, daß operationale Definitionen auch für obskure metaphysische Begriffe angegeben werden können. Auch SEEGER ²¹⁵) betont, daß nicht jede operationale Behauptung notwendig bedeutungsvoll und nicht jede nicht-operationale Behauptung notwendig bedeutungslos sei. Besondere Schwierigkeiten bereiten dem Operationalismus die theoretischen Begriffe. Im Rahmen der Lösungsversuche der auftretenden Probleme setzte sich schließlich die Auffassung durch, daß vom Operationalismus nur noch - in starker Abwandlung der Ausgangsidee - die Zuordnung zwischen theoretischen Begriffen und beobachtbaren Größen bleibt. Aus operationalen Definitionen werden also Korrespondenzregeln.

Durch die somit geschaffene Beziehung zwischen Theorie und Wirklichkeit ist dann auch die praktische Prüfung der Theorie möglich. Diese Prüfung geschieht nun in drei Stadien: ²¹⁶)

1) Theoretisches Stadium:

- a) Erstellen der Voraussetzungen der Theorie (die beim Test nicht in Frage gestellt werden, aber vor- und hinterher durchaus kritisierbar sind)
- b) Erstellen der spezifischen Annahmen der Theorie (Hilfshypothesen)
- c) Sammeln der Daten
- d) Deduktion von partikulären prüfbareren Konsequenzen aus a) - c)
- e) Interpretation dieser Konsequenzen in semiempirischen Termen (d. h. potentieller Evidenz) durch Korrespondenzregeln (z. B. bei quantitativen Theorien: auf Grund der Theorie prognostizierte Meßwerte)

2) Empirisches Stadium:

- a) Erstellen der theoretischen Voraussetzungen des Experiments (Rahmen-Theorien)
- b) Erstellen von Beobachtungs-Aussagen
- c) Interpretation der Beobachtungs-Aussagen in Termen von 2a) (z. B. wirklich gemessene Werte)

3) Stadium der Schlußfolgerung:

Vergleich der Interpretationen aus 1e) und 2c) (also der oft zitierte "Vergleich der Prognose mit der Wirklichkeit")

Das Erstellen von Beobachtungs-Aussagen geschieht meist im Rahmen experimenteller Tests. Ein guter Test sollte dabei:

- 1) objektiv sein
- 2) stabil, d. h. wiederholbar sein
- 3) mit anderen Tests im Ergebnis übereinstimmen.

Um wirklich relevant für die Prüfung der Theorie zu sein, muß die in 1d) deduzierte Konsequenz eine "relevante Prognose" sein, was POPPER ²¹⁷⁾ folgendermaßen erläutert:

"Eine relevante Prognose entspricht in einem gewissen Sinne einem 'experimentum crucis'; denn damit eine Prognose P relevant ist für die Prüfung einer Theorie T, muß es möglich sein, eine Prognose P' anzugeben, die mit der Anfangsbedingung und dem Rest unseres von T verschiedenen jeweiligen Erwartungshorizontes (Annahmen, Theorien, etc.) nicht in Widerspruch steht, wohl aber - in Verbindung mit den Anfangsbedingungen und dem Rest des Erwartungshorizontes - mit P. Mit anderen Worten, P muß, ohne T, 'unerwartet' sein."

Bei der Schlußfolgerung in 3) können nun zwei verschiedene Fälle auftreten:

Fall a): Die Interpretation aus 1e) stimmt mit der aus 2c) überein, d. h. die Evidenz ist mit den Konsequenzen der Theorie konsistent. Die Theorie wird dann durch das für sie relevante Ergebnis gestützt und ist mit ihm konsistent. Die Theorie ist dadurch aber nicht bewiesen/verifiziert, sondern höchstens justifiziert/bestätigt/bewährt.

Fall b): Die Konsequenzen stimmen nicht mit den Evidenzen überein. Dann kann man:

- (i) die Evidenzen (oder einen Teil davon) verwerfen, wodurch das Experiment natürlich seine Relevanz für die Prüfung

der Theorie verliert.

- (ii) die widersprechenden Evidenzen anerkennen, woraus man allerdings nicht auf die Falschheit der Theorie schließen kann, sondern nur auf die Falschheit von Teilen der Theorie oder der spezifischen Annahmen, die sie macht.

Wenn man nun auf die Forderungen nach strenger Wahrheit oder Falschheit einer Theorie verzichtet - vgl. Fall a) - erscheint dieses Verfahren nicht widersinnig oder sinnlos, da man durchaus über spezielle Komponenten der Theorie Aussagen bzgl. ihrer Bewährung machen kann.

Über die Interpretation positiver Evidenz (Fall a)) herrschen nun geteilte Auffassungen:

Die Verifikationisten fordern, daß eine Aussage/Theorie nur geglaubt werden darf, wenn sie durch solche positive Evidenz gerechtfertigt werden kann. Die Falsifikationisten/Fallibilisten dagegen vertreten die Auffassung, daß man nie positive Gründe für die Behauptung angeben kann, eine Aussage/Theorie sei wahr.

Die Verifikationisten erkennen, daß Theorien nur indirekt konfirmierbar sind, aber dies erfolgt durch direkte Konfirmation der aus den Theorien folgenden Konsequenzen.

So schreibt KEMENY: ²¹⁸⁾

Der Schlüssel zur Verifikation von Theorien ist, daß man sie niemals verifiziert. Was man verifiziert, sind die logischen Folgerungen der Theorie. Verifikation ist der Vorgang, der darin besteht zu sehen, ob etwas Vorhergesagtes wirklich so ist. Da wir nur einzelne Tatsachen beobachten können, müssen wir einzelne Folgerungen einer Theorie verifizieren, nicht aber die allgemeine Theorie selbst.

Da jedoch auch die bestbegründeten Gesetze immer nur auf einer endlichen Zahl von Beobachtungen beruhen können, ist es niemals möglich, zu einer vollständigen Verifikation der Aussagen der Theorien zu gelangen. Deshalb kommt z. B. CARNAP zu der Überzeugung, daß man nicht von Verifikation sprechen sollte, was i.e.S. die endgültige Feststellung der Wahrheit bedeuten würde, sondern nur von "Bestätigung". Die "Bestätigung" ist also ein Begriff, der für die Stützung steht, die positive experimentelle oder beobachtungsmäßige Ergebnisse einer Hypothese und damit in zweiter Linie der Theorie (aus der diese Hypothese stammt) zuerkennen.

LAKATOS ²¹⁹⁾ nennt dieses Vorgehen nicht-theoretisch, da die Zuverlässigkeit von Prognosen (also Einzel-Aussagen) zuerst definiert und dann die von Theorien daraus abgeleitet wird. (Im Gegensatz dazu steht der theoretische Ansatz, der zuerst die Zuverlässigkeit von Theorien definiert und dann die Zuverlässigkeit von Aussagen daraus ableitet.)

Die Feststellung, ob und wie stark eine Hypothese bestätigt ist, wird (analog zu den Theorien, nur eine Stufe niedriger) dadurch getroffen, daß man Vorhersagen erstellt und dann sieht, ob diese Vorhersagen sich erfüllen.

Die Beziehung zwischen einer Hypothese und bestimmten Erfahrungsdaten, genauer: der Grad, in welchem die Hypothese durch die Erfahrungsdaten bestätigt wird, wird als "induktive Wahrscheinlichkeit" oder auch als "Bestätigungsgrad" bezeichnet.

Diese induktive Wahrscheinlichkeit ist nach CARNAP streng von der statistischen Wahrscheinlichkeit zu unterscheiden. Aussagen über induktive Wahrscheinlichkeiten sind für ihn rein analytische Aussagen, die kein Induktionsprinzip verlangen, da alles erforderliche empirische Wissen bereits im Erfahrungsdatum vorhanden ist, das der Beurteilung zugrunde liegt (die Hypothese h hat auf Grund des Erfahrungsdatums e die induktive Wahrscheinlichkeit r).

Der Bestätigungsgrad hat jedoch bei CARNAP eine doppelte Bedeutung: ²²⁰⁾

1. als Relation zwischen Begriffsumfängen und Satzklassen ist er rein analytisch zu ermitteln,
2. als numerische Aussage, die die Wahrscheinlichkeit einer Prognose abzuleiten gestattet, setzt er ein Induktionsprinzip (Uniformität der Welt) voraus.

Auch CARNAPs Deutung der induktiven Wahrscheinlichkeit als "fairer Wettquotient" enthält diese Vermengung der beiden Aspekte.

CARNAPs Induktionslogik ist rein logisch-analytisch (s. 1.) durchführbar, aber nur mit der Konsequenz, daß bei einer semantischen Interpretation seiner Bestätigungsfunktionen der berechnete Wert der analytischen induktiven Wahrscheinlichkeiten und die Intensität der Erlebniswahrscheinlichkeiten ²²¹⁾ divergieren.

Somit enthält sein System keine Widersprüche - wie ihm oft vorgeworfen wurde - aber bei einer inhaltlichen Deutung liefert es nicht immer eine adäquate Darstellung der erlebnismäßigen Wahrscheinlichkeitszuschreibungen.

Über die Möglichkeiten und die Arten der konkreten Bestimmung der induktiven Wahrscheinlichkeit/des Bestätigungsgrades gab es eine jahrzehntelange Diskussion.

Entscheidend für die Kritiker ist, daß

1. die Ansätze oft formal unangemessen sind und zu sinnlosen Ergebnissen führen
2. man trotz der bisherigen Bestätigung einer Aussage/Theorie - ohne ein unbegründbares Induktionsprinzip vorauszusetzen - nie sicher sein kann, ob sie nicht doch einmal falsifiziert wird und somit die Zuerkennung eines Bestätigungsgrades immer nur hypothetischen Charakter haben kann.

Einer der heftigsten Gegner des (induktiven) Bestätigungsgedankens ist K.R. POPPER.

Die Vertreter dieses Gedankens wollen die zur Prüfung anstehenden Aussagen sichern/bestätigen und dadurch dann indirekt auch die Theorien, aus denen diese Aussagen stammen. POPPER dagegen schlägt eine deduktive Überprüfung von Theorien vor. Das Vorgehen läßt sich folgendermaßen charakterisieren: ²²²⁾

- 1) logischer Vergleich der Folgerungen aus der Theorie untereinander auf innere Widerspruchsfreiheit
- 2) Untersuchung der logischen Form der Theorie mit dem Ziel, festzustellen, ob sie den Charakter einer empirisch-wissenschaftlichen Theorie hat, also z. B. nicht tautologisch ist
- 3) Vergleich mit anderen Theorien (Untersuchung, ob die untersuchte Theorie als Fortschritt gegenüber anderen Theorien zu bewerten ist)
- 4) Prüfung durch "empirische Anwendung" der abgeleiteten Folgerungen.

Wenn diese Prüfung positiv ausfällt, so ist dies nur eine vorläufige Stützung, nie eine endgültige Verifikation der Theorie.

Die aus der Theorie abgeleiteten Sätze von geringerer Allgemeinheit müssen wieder durch die Ableitung von Konsequenzen

überprüft werden, usw.. Das führt aber zu keinem unendlichen Regreß, denn durch die deduktive Nachprüfung sollen die nachzuprüfenden Sätze niemals begründet werden. Man bricht somit die Nachprüfung irgendwann ab, jedoch in dem Bewußtsein, den jeweiligen Satz bei Bedarf weiter nachprüfen zu können. Damit entgeht POPPER dem "FRIESschen Trilemma" ²²³⁾ (Dogmatismus, unendlicher Regreß, psychologistische Basis) und dem MÜNCHHAUSEN Trilemma (unendlicher Regreß, logischer Zirkel, Abbruch des Begründungsverfahrens), worin für ALBERT ²²⁴⁾ die Problematik der Begründung unserer Erkenntnis mündet.

Da POPPER die - endgültige - Bestätigung für unmöglich hält, baut er als Gegen-Begriff zur Bestätigung (confirmation) den Begriff der Bewährung (corroboration) auf.

Eine Bewährung ist für ihn ein ernsthafter aber erfolgloser Versuch der Falsifikation. Die Falsifikation wäre endgültig:

"Wir betrachten...eine (methodisch entsprechend gesicherte) intersubjektiv nachprüfbare Falsifikation als endgültig; darin eben drückt sich die Asymmetrie zwischen Verifikation und Falsifikation der Theorien aus." ²²⁵⁾

Demgegenüber kann eine Bewährung nie zur endgültigen Annahme einer Aussage/Theorie führen. Der Grad der Bewährung ist vielmehr ein neutraler Terminus für die Bezeichnung des Grades, in dem eine Hypothese strengen Prüfungen standgehalten hat.

POPPER selbst sagt darüber: ²²⁶⁾

"Unter dem Bewährungsgrad einer Theorie verstehe ich einen konzentrierten Bericht, der den Stand der kritischen Diskussion der Theorie (zu einer Zeit t) bezüglich der durch die Theorie gelieferten Problemlösungen bewertet, bezüglich des Grades ihrer Prüfbarkeit, der Strenge der durchgeführten Prüfungen und der Art, wie die Theorie sie bestanden hat. Bewährung(sgrad) ist also ein bewertender Bericht über die bisherigen Leistungen."

Außerdem stellt er ²²⁷⁾ eine enge Beziehung zwischen Bewährbarkeit und Widerlegbarkeit dar:

"Über den Grad der Bewährung entscheidet nicht so sehr die Anzahl der bewährenden Fälle, als vielmehr die Strenge der Prüfung, der der betreffende Satz unterworfen werden

kann und unterworfen wurde. Diese hängt aber von dem Prüfbarkeitsgrad...des Satzes ab: der in höherem Grade falsifizierbare, der einfachere Satz ist somit auch der in höherem Grad bewährbare."

Wiederholung gleicher Experimente erhöht die Bewährung nicht, sondern nur neue, riskante, strenge, signifikante Tests. So verliert ein oftmals wiederholter gleicher Test seine Bedeutung für die Überprüfung einer Theorie, da er keinen ernsthaften Widerlegungsversuch mehr darstellt.

Das Ziel des Suchens nach Bewährung ist also nicht die Rechtfertigung unserer Erkenntnis, sondern das Aufzeigen ihrer Prüfbarkeit.

Der Begriff der Bewährung ist wesentlich komparativ:

Man kann also nur sagen: Eine Theorie hat einen höheren Bewährungsgrad als eine andere zu einer Zeit t . Die Bewährung

"sagt nicht das geringste über die die zukünftigen Leistungen oder die 'Verlässlichkeit' einer Theorie." 228)

Der Bewährungsgrad ist also ein Leitbegriff für die Bevorzugung von Theorien in einem bestimmten Stadium der Diskussion (also immer mit Zeitindex) hinsichtlich ihrer anscheinenden Annäherung an die Wahrheit. Doch er besagt nur, daß eine der vorgeschlagenen Theorien - im Lichte der Diskussion - der Wahrheit näher zu sein scheint.

POPPERs Methode wird oft mit der Methode der eliminierenden Induktion verglichen, womit er jedoch nicht einverstanden ist; denn das Ziel der von Induktionslogikern betriebenen Elimination war, die überlebende Theorie so gut wie möglich zu sichern, da sie glaubten, sie müsse die wahre sein. POPPER dagegen glaubt, daß man die Zahl der konkurrierenden Theorien nie wesentlich wird verringern können, da diese Zahl stets unendlich bleibt.

Auch POPPER konstruiert - wie CARNAP - einen eigenen Formalismus für die von ihm definierten Bewährungsfunktionen. Somit ist die POPPERsche Bewährungstheorie - worauf JUHOS ²²⁹⁾ hinweist - genau wie das System CARNAPs (bzw. dessen Änderungen durch ihn selbst, KEMENY und HINTIKKA) - ein formales System. CARNAPs System weicht durch Abänderungen des formalen Systems gewissen Inadäquatheiten aus bzw. behebt diese. Die gleiche

Notwendigkeit ergibt sich auch bei POPPERs Bewährungstheorie, denn auch sie ergibt Inadäquatheiten.

Beide Systeme liefern als formal-logische bei der Anwendung auf Intensitäten empirisch-induktiver Erlebnismwahrscheinlichkeiten immer nur partiell adäquate Deutungen, wobei sich die auftretenden Inadäquatheiten durch schrittweise Abänderungen des formalen Systems beheben lassen.

Somit sind beide Systeme erkenntnistheoretisch gesehen völlig gleichwertig ²³⁰⁾, wodurch die erkenntnistheoretische Polemik (eine ausführliche Darstellung der POPPER-CARNAP-Kontroverse s. MICHALOS (1971)) ihre Berechtigung verliert.

Weitere Argumente gegen die strenge Trennung von Bestätigung und Bewährung, bzw. im weitesten Sinne von Verifikation und Falsifikation liefert JUHOS ²³¹⁾:

"Der eigentliche Irrtum in der Annahme der Asymmetrie von Verifikation und Falsifikation bei der Nachprüfung von empirischen Allsätzen besteht in der Übertragung der Form mathematischer Sätze bestimmter Art auf...empirische... Sätze. Die Ansicht, daß Naturgesetze durch ein einziges Gegenbeispiel notwendig falsifiziert werden, ist unzutreffend.... Für falsch werden empirische Allsätze erst dann erklärt, wenn die 'Nichtübereinstimmung mit der Wirklichkeit', d. s. die Gegenbeispiele, selbst mit Gesetzmäßigkeit auftreten. Das heißt, ein Naturgesetz (empirischer Allsatz) kann nur durch ein anderes empirisches Gesetz falsifiziert werden."

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit eines Induktionsprinzips auch bei der Falsifikation und folglich die Symmetrie von Verifikation und Falsifikation in dem Sinne, daß in beiden Fällen die eigentlich notwendige Prüfung unendlich vieler Fälle durch willkürliches Abbrechen entschieden wird. Die Falsifikation kann also höchstens durch eine "falsifizierende Hypothese" geschehen.

JUHOS gründet die Beurteilung von Gesetzen auf ein Verfahren der "fortschreitend partiellen Nachprüfung". Unter Voraussetzung des empirischen Induktionsprinzips ordnet er den Gesetzen dann eine "empirisch-hypothetische Wahrheit" zu. ²³²⁾ STEGMÜLLER schließlich behebt die POPPER-CARNAP-Kontroverse dadurch, daß er die Aufgabenstellungen der beiden Ansätze

auf verschiedenen Ebenen anordnet: ²³³⁾

POPPER arbeitet auf der theoretischen Ebene (Wie lautet eine präzise Definition eines deduktiven Bestätigungs-/Bewährungsbegriffs und wie begründet man seine Adäquatheit?); CARNAP dagegen beschäftigt sich - zumindest in seiner späten Phase - mit Problemen der praktischen Ebene (Wie lauten die Normen für rationale Entscheidungen unter Risiko und wie lassen sich diese Normen begründen?)

Auch sind die Prinzipien der (induktiven) Bestätigbarkeit und der Widerlegbarkeit/Bewährbarkeit gleich schwer zu begründen:

Das Prinzip der Bestätigbarkeit verweist zumeist auf seinen vergangenen Erfolg, rechtfertigt damit aber die Induktion induktiv. Das Prinzip der Widerlegbarkeit schließlich führt - wenn es global angewendet wird - zu seiner Selbstaufhebung, denn dann ist es auch selbst widerlegbar.

Einen umfassenden Überblick und eine detaillierte Kritik der verschiedenen Ansätze liefert LAKATOS ²³⁴⁾, indem er drei Begriffe der Akzeptierbarkeit von Theorien (basierend auf den Überlegungen POPPERs) unterscheidet:

- 1) Akzeptierbarkeit₁: Damit bezeichnet er die Akzeptierbarkeit vor irgendwelchen Prüfungen, gemessen durch den empirischen Gehalt oder besser die Steigerung des empirischen Gehalts (gegenüber Vorgänger-Theorien). Dieser Begriff charakterisiert das potentielle Wachstum der Erkenntnis.
- 2) Akzeptierbarkeit₂: Sie bezeichnet das aktuelle Wachstum der Erkenntnis und stützt sich auf die Bewährung bzw. die größere Bewährung.
- 3) Akzeptierbarkeit₃: Sie basiert auf POPPERs Idee der Wahrheitsähnlichkeit. Akzeptierbare₃ Theorien sind modifizierte Versionen von akzeptierbaren₁ und akzeptierbaren₂ Theorien - dergestalt, daß widerlegte (akzeptierbare₁ oder akzeptierbare₂) Theorien durch abgeschwächte und unwiderlegte Variationen ersetzt werden. Dadurch gelangt man von inkonsistenten Erkenntnissystemen, die aus akzeptierbaren₁ oder akzeptierbaren₂ Theorien bestehen, zu konsistenten Systemen von akzeptierbaren₃ Theorien.

Eine Ergänzung des Begriffs der Bewährbarkeit/Bewährung stellt der Begriff der "Stützbarkeit"/"Stützung" einer Theorie dar. Beide sind jedoch wohl zu unterscheiden:

"Zwar ist jede Bewährung einer Theorie auch eine Stütze für diese, aber das Umgekehrte gilt nicht." ²³⁵⁾

Eine Tatsache heißt positiv für eine Theorie, wenn ihr Vorkommen mittels der Theorie unter Hinzunahme gewisser Anfangsbedingungen erklärt werden kann. ²³⁶⁾

Sie heißt stützend, wenn sie mittels der Theorie vorhergesagt und das Ergebnis eines strengen Tests ist, d. h. daß das Ergebnis nur mit Hilfe der Theorie, nicht allein auf Grund des Hintergrundwissens vorausgesagt werden kann. Somit kann eine Tatsache positiv für eine Theorie sein, ohne stützend zu sein. Positive Beispiele haben nicht die Beweiskraft, um wirklich stützend zu sein und sind es vielleicht (was natürlich im Einzelfall zu untersuchen wäre) auch wirklich nicht.

Unter Hintergrundwissen versteht man hier all das, was man beim Prüfen der Theorie (vorläufig) als unproblematisch akzeptiert.

Das Verhältnis von Theorie und Hintergrundwissen hat nun zwei verschiedene Komponenten:

- 1) Die Theorie soll mit dem Hintergrundwissen konsistent sein.
 - 2) Eine neue Theorie kann das Hintergrundwissen verändern.
- Da 2) meist dann eintritt, wenn 1) nicht erfüllt ist, widersprechen sich beide Forderungen - wegen ihrer zeitlichen Nacheinanderfolge - nicht direkt.

Unter der Berücksichtigung des Faktors Hintergrundwissen wird auch verständlich, warum es bei zwei rivalisierenden Theorien, die die gleiche Tatsachen-Aussage als Prognose hervorbringen, trotzdem vorkommen kann, daß die meisten Wissenschaftler die Erfüllung dieser Prognose nur als stützend für eine der beiden Theorien betrachten. Berücksichtigt man die Veränderung des Hintergrundwissens, so wird auch verständlich, warum ein Experiment sogar mal die eine, mal die andere Theorie stützen kann.

Nicht mit dieser Ansicht zu erklären ist jedoch, wieso längst bekannte Experimente, die also schon dem Hinter-

grundwissen angehören (z. B. MICHELSON-MORLEY-Experiment, 1887), für eine neue Theorie sprechen können (z. B. EINSTEINS Relativitätstheorie, 1905). Das ist bedeutsam, da in der wissenschaftlichen Praxis gerade das als Beispiel genannte Experiment als sehr relevant für die Relativitätstheorie angesehen wurde, da sie nicht speziell unter Berücksichtigung dieses Experiments aufgestellt wurde. Die LORENTZ-Theorie (1904) dagegen wurde den Ergebnissen des Experiments entsprechend abgeändert, so daß auch sie dieses Experiment erklärte, aber das geschah im Gegensatz zu EINSTEINS Theorie eben erst nachträglich. Somit galt das MICHELSON-MORLEY-Experiment nicht als Stützung der klassischen LORENTZ-Theorie. ²³⁷⁾

Dies berücksichtigt LAKATOS bei der Forderung:

Man kann die gleiche Tatsache nicht doppelt benutzen, zuerst zum Aufbau der Theorie und dann zu ihrer Stützung.

So heißt nun ein Experiment, das von einer Theorie erklärt wird, stützend für die Theorie - gleich, ob es vorher bekannt war oder nicht - wenn es (bzw. genauer: die Aussage über das Experiment) nicht schon zur Konstruktion der Theorie benutzt wurde.

Damit kommen dann aber heuristische Komponenten in die Diskussion. Die gleiche Theorie kann - je nachdem, wie man ihre Entwicklung rekonstruiert - durch eine Tatsache gestützt werden oder nicht.

Dieses nur auf den ersten Blick absurde Ergebnis kann man nach WORRALL ²³⁸⁾ dadurch eliminieren, daß man die Stützung zu einer dreistelligen Relation macht, und zwar nicht:

Eine Tatsache stützt die Theorie unter Berücksichtigung des Hintergrundwissens. (Dies entspricht der POPPERSchen Bewährung.)

sondern:

Eine Tatsache stützt die Theorie, die mittels bestimmter Ergebnisse konstruiert wurde.

Außer der rein zeitlichen "Hintergrundtheorie" und der heuristischen Auffassung WORRALLs erläutert MUSGRAVE ²³⁹⁾ eine dritte Ansicht:

Das Hintergrundwissen zu einer Theorie ist eine rivalisierende Theorie. Damit erhält man als Stützungs-Relation:

Eine Tatsache stützt die Theorie in bezug auf eine rivalisierende Theorie.

MUSGRAVE eliminiert damit die heuristische Komponente, die seiner Meinung nach zu subjektiv ist, bzw. eliminiert er zumindest den subjektiven Teil der Heuristik.

Genauer: Nicht das subjektive Finden der Theorie durch einen einzelnen Wissenschaftler ist für die Beurteilung der Heuristik entscheidend, sondern die objektive Rekonstruktion der an der Entstehung der Theorie beteiligten Teilaspekte.

Wenn man nun diese Stützungs-Relation zum Kriterium der Akzeptierbarkeit von Theorien macht, wird die Aufmerksamkeit von der Falsifikation abgelenkt (die nach KUHN in der Wissenschaftsgeschichte sowieso nicht in reiner Form vorkommt). Sie konzentriert sich vielmehr auf die Bewährung des Überschuß-Gehaltes der neuen Theorie gegenüber der alten, da nur "neue" Tatsachen die neue Theorie stützen können.

Die Berücksichtigung der Stützung von Theorien verbessert also die POPPERsche Theorie der Bewährung und präzisiert dabei die Aussage, daß eine Theorie einer anderen überlegen ist.

3. Theorien und ihre Charaktere im Relationsgefüge

3.1 Das Problem der Kommensurabilität von Theorien

Ihre Anwendung erfährt die Untersuchung der Charaktere einer Theorie z. B. beim Theorienvergleich. Wenn mehrere miteinander konkurrierende Theorien versuchen, ein bestimmtes Phänomen zu erklären, so muß man sich in der Regel für eine der Theorien entscheiden. Dieser Entscheidung liegt dann ein Vergleich der Theorien zugrunde.

Dabei muß man beachten, daß die Tatsache, daß Theorien miteinander konkurrieren bereits impliziert, daß die Theorien miteinander vergleichbar sind; denn: Theorien können nicht gleichzeitig inkommensurabel und konkurrierend sein.

(Dabei gelten die unten gegebenen Begriffsklärungen, die einen nicht geringen Teil der Diskussion um die Inkommensurabilitätsthese (KUHN, FEYERABEND) erhellen bzw. überflüssig machen.)

Eine hinreichende Voraussetzung für den Vergleich von Theorien ist, daß beide Theorien gemeinsame Begriffe und Gesetze enthalten. Die Prüfung dieser Gesetzesaussagen kann man dann zur Entscheidungsinstanz (z. B. - falls möglich - durch ein experimentum crucis) zwischen den Theorien machen. Sollte diese Forderung nicht erfüllt sein, ist es jedoch meist möglich, die Begriffe und Gesetze beider Theorien durch Brücken-Theorien oder intertheoretische Relationen miteinander in Beziehung zu setzen und damit die Basis für den Vergleich zu bilden.

Damit ein Vergleich überhaupt sinnvoll ist, muß zumindest eine der beiden folgenden Arten der Kommensurabilität vorliegen: ²⁴⁰⁾

1. die semantische Kommensurabilität
2. die methodologische Kommensurabilität.

Zwei Theorien heißen semantisch kommensurabel, wenn ihre Anwendungsbereiche sich (zumindest teilweise) überdecken. Theorien, deren Anwendungsbereiche sogar gleich sind, nennt man rivalisierende Theorien.

Folglich sind rivalisierende Theorien immer semantisch kommensurabel.

Zwei Theorien heißen methodologisch kommensurabel, wenn es empirische Tatsachen gibt, die evidenzmäßig relevant für beide Theorien sind.

Theorien, die methodologisch kommensurabel sind, sind nach BUNGE auch semantisch kommensurabel ²⁴¹⁾.

Sind sie sowohl semantisch als auch methodologisch kommensurabel, so nennt man sie kommensurabel ²⁴²⁾.

Kommensurable Theorien, die zu verschiedenen Ergebnissen führen, nennt BUNGE semantisch konkurrierend ²⁴³⁾. Diese semantisch konkurrierenden Theorien sind es dann, die für die Wissenschaftspraxis relevant sind.

Dadurch, daß man mit diesen Definitionen konkrete Bezugspunkte für einen Vergleich schafft (z. B. evidenzmäßig relevante Tatsachen), entgeht man der Notwendigkeit, die Theorien direkt (also auf der theoretischen Ebene) miteinander vergleichen zu müssen, was wegen des Bedeutungswandels der theoretischen Begriffe höchst problematisch wäre.

Man vergleicht vielmehr die Theorien nur bzgl. konkreter Folgerungen, die mittels Evidenzen geprüft werden. Bei solchen für beide Theorien evidenzmäßig relevanten Tatsachen muß man jedoch berücksichtigen - vgl. die Einwände der Vertreter der Inkommensurabilitätsthese - daß auch unsere Beobachtungen Theorie-beladen (HANSON) sind und damit ein objektiver Vergleich mit einer neutralen Beobachtungs-Basis problematisch wird.

Weitgehend eliminieren lassen sich solche Probleme dadurch, daß man die deduktiven Konsequenzen der Theorien exakt (möglichst numerisch) faßt und mit tatsächlich gemessenen Werten vergleicht (vgl. z. B. das "Allgemeine Reduktions-Paradigma" ²⁴⁴⁾).

Führen direkte Vergleiche von Theorien nicht zum Erfolg, so kann ein Vergleich an Hand eines/einiger der oben diskutierten Charaktere erfolgen.

Dies setzt jedoch voraus, daß innerhalb dieser Charaktere eine Präferenzstruktur eingeführt wird, denn diese Charaktere sind sowohl unterschiedlich bedeutsam als auch teilweise einander widersprechend, so daß zumindest in diesen Fällen eine Entscheidung getroffen werden muß,

welches der sich widersprechenden Kriterien gewählt werden soll.

Einige dieser Charaktere sind jedoch so wesentlich, daß sie als Minimalforderungen an Theorien aufgefaßt werden können.

So hält beispielsweise BUNGE die folgenden neun der insgesamt siebenundzwanzig Charaktere auf jeden Fall für verbindlich:

1. Wohlgeformtheit
2. Innere Konsistenz
3. Ableitungsrichtigkeit
6. Sprachliche Exaktheit
7. Begriffliche Einheitlichkeit
8. Empirische Interpretierbarkeit
11. Externe Konsistenz
12. Problemadäquatheit
21. Testfähigkeit

Welchen von den restlichen Charakteren dann die entscheidende Bedeutung zugemessen wird, hängt von der Struktur der jeweils untersuchten Theorie(n) ab (wie stark die einzelnen Charaktere auftreten) und vor allem von den Intentionen, die der Benutzer mit diesen Theorien verfolgt (wird z. B. eine "praktische" und schnelle Lösung eines Problems für besser erachtet als eine komplexe, tiefgreifende und exakte Lösung?).

3.2 Intertheoretische Relationen

Mit einem Abriß verschiedener intertheoretischer Relationen sei zum Abschluß ein neues Forschungsgebiet beleuchtet, das die direkten Beziehungen zwischen verschiedenen Theorien analysiert und damit einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Beziehungen zwischen Theorien - und des Fortschritts des Wissenschaftsprozesses überhaupt - liefert.

Das Gebiet der intertheoretischen Relationen ist noch relativ unerforscht, zumindest in systematischer Hinsicht.

So betont BUNGE im Jahre 1970 ²⁴⁵⁾, daß es bisher weder eine allgemeine Theorie der intertheoretischen Relationen gebe, noch sorgfältige und detaillierte Fall-Studien, obwohl beides möglich sein dürfte, vorausgesetzt man axiomatisiert die betrachteten Theorien. Für solche axiomatisierten Theorien stehen dann (im Prinzip) die logisch-technischen Hilfsmittel zu einer Untersuchung der intertheoretischen Relationen zur Verfügung. ²⁴⁶⁾

SCHEIBE betont ²⁴⁷⁾, daß es seit BUNGE kaum neue Ergebnisse gibt. Speziell unter Verwendung der non-statement Konzeption (SNEED, 1971) erscheinen weitere erfolgversprechende Untersuchungen möglich. ²⁴⁸⁾

Der Grund für diese Vernachlässigung systematischer Arbeiten über intertheoretische Relationen liegt nach BUNGE möglicherweise darin, daß Untersuchungen über intertheoretische Relationen immer von drei isolierten Standpunkten aus betrieben wurden; vom Standpunkt:

- 1) der Wissenschaftler, die Theorien mit verschiedenen Anwendungsbereichen aber im Prinzip gleichen Objekten bzgl. der Grenzwerte charakteristischer Parameter erforschten,
- 2) der Philosophen, die sich auf die Theorie-Reduktion konzentrierten
- 3) der Logiker und Metamathematiker, die die formalen Beziehungen zwischen axiomatisierten Theorien thematisierten.

Das Fehlen umfassender Untersuchungen über intertheoretische Relationen ist vor allem angesichts ihrer Bedeutung erstaunlich:

- 1) "Theorie-Relationen stellen ein systematisches Bindeglied zwischen einer synchronen (oder 'statischen') und einer

diachronen (oder 'dynamischen') Wissenschaftstheorie dar." ²⁴⁹⁾

- 2) Untersuchungen über intertheoretische Relationen sind gleichsam die logische Komponente der Geschichte der Wissenschaft, d. h. sie formalisieren und rekonstruieren den Wechsel der herrschenden Theorien ²⁵⁰⁾.
- 3) Intertheoretische Relationen können ein heuristisches Instrument zum Finden neuer Theorien werden.
- 4) Fast alle (aufeinanderfolgenden) Theorien stehen in gewissen intertheoretischen Relationen zueinander.

Dieser letzte Punkt ist die Aussage des "Allgemeinen Korrespondenzprinzips", das nach KOERTGE ²⁵¹⁾ die Beziehung aufeinanderfolgender Theorien bestimmt:

Wenn S und T bewährte Theorien der Wissenschaftsgeschichte sind und wenn T ein Nachfolger von S ist, dann ist eine modifizierte (approximierte und eingeschränkte) Version $M(S')$ einer Untermenge S' von Aussagen von S aus T ableitbar. S' ist der Teil von S, der mit T konsistent gemacht werden kann, d. h. zu dem Modifikationen existieren, so daß $M(S')$ konsistent mit T ist.

Das Problem liegt natürlich in der Bestimmung von S' . Der Versuch, S' als Menge von Beobachtungsaussagen in S zu bestimmen, scheitert an der Unmöglichkeit der exakten Abgrenzung von Beobachtungsaussagen gegenüber theoretischen Aussagen. Auch Versuche der Bestimmung von S' über die Universalität der enthaltenen Aussagen sind wenig erfolgreich; ebenso die Wahl des Bestätigungsgrades als Auswahlkriterium, wogegen nach KOERTGE der Grad der Bewährung eine grobe Bestimmung der Elemente von S' zuläßt.

Über die Beziehung von S' zu T läßt sich folgendes sagen:

- 1) Die Modifikationen $M(S')$ sind nie ad-hoc, beispielsweise nie eine bloße Liste von Ausnahmen zum alten Gesetz.
- 2) Im Gegenteil: Die Modifikationen sind linguistisch einfach (in der Sprache der neuen Theorie T).

Wenn viele Gesetze aus S in S' sind und wenn deren Modifikationen dann in T ableitbar sind, sagt man, daß S und T in einer Korrespondenzrelation stehen.

Das "Allgemeine Korrespondenzprinzip" besagt in dieser Terminologie dann, daß fast alle Paare aufeinanderfolgender

Theorien in solch einer Korrespondenzbeziehung (intertheoretischen Relation). stehen und liefert somit einen erfolgreichen Rahmen zur Beschreibung der strukturellen Beziehungen zwischen aufeinanderfolgenden Theorien. So kann beispielsweise das Verhältnis zweier konkurrierender Theorien dadurch geklärt werden, daß eine dritte Theorie mittels Korrespondenzrelationen (intertheoretischen Relationen) Versagen und Erfolg ihrer Vorgänger erklärt.

Das umfassendste System zur Klassifizierung intertheoretischer Relationen liefert BUNGE ²⁵²⁾. Alle anderen relevanten Überlegungen lassen sich darin einordnen. Er unterscheidet insgesamt vier Kategorien intertheoretischer Relationen:

- I) asymptotische intertheoretische Relationen
- II) formale intertheoretische Relationen
- III) pragmatische intertheoretische Relationen
- IV) semantische intertheoretische Relationen.

ad I Asymptotische intertheoretische Relationen

Zwischen dem Definitionsbereich und dem Gültigkeitsbereich einer Theorie muß man wohl unterscheiden. Der Gültigkeitsbereich ist stets eine Teilklasse des Definitionsbereichs. Voraussetzung für den Vergleich von Theorien ist nun, daß die Definitionsbereiche beider Theorien gleich sind oder sich in wesentlichen Teilen überdecken. (Dies ist zumindest eine weithin verbreitete Ansicht; s. jedoch 3.1)

Von Interesse sind dann die Untersuchungen, unter welchen (zusätzlichen) Bedingungen neben den Definitionsbereichen auch die Gültigkeitsbereiche gleich sind (beispielsweise unter welchen einschränkenden Bedingungen der Gültigkeitsbereich der Wellenoptik gleich dem der geometrischen Optik wird).

Für STRAUSS ²⁵³⁾ besteht die Untersuchung der intertheoretischen Relationen dann in der Analyse von Übergangs- und speziell Grenzwertproblemen, was jedoch - wie wir noch sehen werden - nur ein Aspekt der intertheoretischen Relationen ist. Die Bedingungen solcher Grenzwertübergänge können auf drei verschiedene Arten formuliert werden:

- 1) innerhalb der Theorie, deren Grenzwert gebildet wird
- 2) in einer Metasprache dieser Theorie
- 3) unter Verwendung außertheoretischer Bezüge.

Bzgl. des Theorienvergleichs selbst geht man folgendermaßen vor:

Da die übliche Situation der Wissenschaft meist noch vor-axiomatisch ist, ist ein systematischer Vergleich ganzer Theorien oft nicht möglich. Stattdessen konfrontiert man einige charakteristische Begriffe und Aussagen. Oft sogar wird der Vergleich auf asymptotische Werte bestimmter Funktionen beschränkt.

Man betrachtet also das Verhalten bestimmter Funktionen für das Grenzwertverhalten eines charakteristischen Parameters p . So ist beispielsweise eine nicht-relativistische Theorie der Grenzfall einer relativistischen Theorie für den Fall, daß die Geschwindigkeit gegen 0 geht.

Metaphorisch (da die Theorie selbst ja keine Funktion, sondern eine Menge von Aussagen ist) kann man also schreiben (wenn a den Wert bezeichnet, gegen den p strebt):

$$\lim_{p \rightarrow a} T_1 = T_2$$

Die interessantesten Fälle der Grenzwertuntersuchungen sind die Analysen (möglicher) Grenzwerte von

- a) quantentheoretischen Theorien
- b) relativistischen Theorien
- c) stochastischen Theorien.

BUNGE²⁵⁴⁾ relativiert die Bedeutung solcher asymptotischen intertheoretischen Relationen jedoch durch folgende Feststellungen:

- a) Von der Quantentheorie gibt es keine klassischen Analogien oder Grenzwerte (bzw. nur sehr partielle).
- b) Es gibt relativistische Theorien, die keine nicht-relativistische Approximation haben, beispielsweise MAXWELLS Theorie des Elektromagnetismus. Andererseits existieren relativistische Theorien, die verschiedene Grenzwerte haben. So geht die allgemeine Relativitätstheorie für verschwindende Gravitationskräfte in die spezielle Relativitätstheorie über und für schwache statische Felder und geringe Geschwindigkeiten in die klassische Gravitationstheorie.
- c) Bei der Grenzwertbildung stochastischer Theorien kann man nicht garantieren, daß dieses Verfahren ein vernünftiges

Ergebnis hervorbringt, also eine schwächere Theorie (eben den Grenzwert), die wenigstens in grober Approximation einige Effekte erklärt.

Eine stochastische Theorie ist logisch stärker als eine entsprechende nicht-stochastische Theorie, da man die nicht-stochastische Theorie aus der stochastischen erhalten kann, indem man die dort auftretenden Wahrscheinlichkeiten gleich 0 oder 1 setzt bzw. gegen 0 oder 1 streben läßt.

Das Paradebeispiel dieser Art von Approximation ist die Zurückführung der Thermodynamik auf die statistische Mechanik (also die klassische Mechanik, angereichert durch statistische Hypothesen), was nach BUNGE²⁵⁵⁾ bisher noch nicht geschafft ist, sondern nur ein gutes, aber noch nicht vollbrachtes Programm darstellt; wie zusammenfassend allgemein über die asymptotischen intertheoretischen Relationen gesagt werden muß, daß sie noch zu wenig analysiert sind.

Ein anderes interessantes Beispiel, das nicht zu diesen drei Typen gehört, ist die Untersuchung der Beziehungen zwischen KEPLERScher und NEWTONscher Theorie. SCHEIBE²⁵⁶⁾ greift die Diskussion auf, ob die KEPLERSche Theorie durch die NEWTONsche Theorie erklärbar bzw. in ihr enthalten sei.

FEYERABEND²⁵⁷⁾ lehnt diese Ansicht wie schon DUHEM²⁵⁸⁾ ab. HEMPEL und POPPER argumentieren positiv.²⁵⁹⁾

SCHEIBE zeigt nun, daß die NEWTONsche Theorie eine "approximative Erklärung" der KEPLERSchen Theorie liefert und äußert die Überzeugung, daß das Auftreten von Bedeutungsänderungen beim Wechsel zwischen Theorien kein unüberwindbares Hindernis ist.

ad II Formale intertheoretische Relationen

Für diesen Typ intertheoretischer Relationen, bei dem an wiederum vier verschiedene Arten unterscheiden kann, wird zumeist vorausgesetzt, daß beide Theorien axiomatisch begründet sind.

1) ISOMORPHISMEN

Nach BUNGE sind zwei Theorien isomorph, wenn es eine ein-

eindeutige Zuordnung unter den Elementen der Anwendungsbereiche und den Prädikaten beider Theorien gibt.²⁶⁰⁾

Dieser Isomorphismus muß von Fall zu Fall - abhängig von der Struktur der beteiligten Theorien - ad-hoc konstruiert werden.

JOLON²⁶¹⁾ fordert stattdessen für einen Isomorphismus, daß die logischen Strukturen der beiden Theorien wechselseitig identisch sind, was BUNGE und auch BERENDA²⁶²⁾ als Äquivalenz von Theorien bezeichnen.

Um eine Begriffsverwirrung zu verhindern, möchte ich BUNGES Begriff als "schwachen Isomorphismus" bezeichnen, da Theorien, die im Sinne BUNGES und BERENDAS isomorph sind, nicht notwendigerweise auch im Sinne JOLONs isomorph sind; also: schwach isomorphe Theorien brauchen nicht isomorph zu sein.

STEGMÜLLER²⁶³⁾ vertritt eine ähnliche Auffassung wie JOLON: Er geht aus vom Vorliegen zweier verschiedener Individuenbereiche mit Gesetzen G_i bzw. $G_i^!$ ($i=1, \dots, n$). Wenn nun - bei geeigneter Indizierung - je zwei Gesetze G_i bzw. $G_i^!$ dieselbe syntaktische Struktur oder dieselbe logische Form besitzen, heißen sie syntaktisch isomorph. Genauer: $G_i^!$ wird aus G_i dadurch gewonnen, daß man die logischen (einschließlich der mathematischen) Konstanten festhält und nur gewisse (oder sämtliche) deskriptive oder empirische Konstanten durch andere ersetzt. Die beiden Klassen von Gesetzen nennt man syntaktisch isomorph, wenn je zwei einander zugeordnete Gesetze der beiden Klassen syntaktisch isomorph sind. Für die ganzen Systeme (also Individuenbereiche plus Gesetze) spricht man dann von einem nomologischen Isomorphismus bzgl. der beiden Klassen von Gesetzen. Dieser nomologische Isomorphismus kann sein:

- a) vollständig, wenn er sämtliche Gesetze der beiden

Bereiche betrifft

- b) partiell, wenn er sich nur auf einige Gesetze bezieht. Je nachdem, ob die Gesetze quantitativer oder qualitativer Natur sind, kann man außerdem differenzieren in:

- a) quantitative Isomorphismen

- b) qualitative Isomorphismen.

Wie man aus den Definitionen sofort ersieht, bilden der syntaktische und damit natürlich auch der nomologische Isomorphismus jeweils eine symmetrische Relation, d. h. wenn ein System S zu dem System S' isomorph ist, dann ist auch S' isomorph zu S , so daß also keine Auszeichnung der Reihenfolge gegeben ist.

Ein einfaches physikalisches Beispiel für einen syntaktischen Isomorphismus ist die Beziehung zwischen dem OHMschen Gesetz und dem Gesetz von POISEUILLE.

Bzgl. der Bedeutung dieses (syntaktischen bzw. nomologischen) Isomorphismus divergieren die Meinungen von JOLON und STEGMÜLLER allerdings stark:

JOLON²⁶⁴⁾ hält die Isomorphismen für sehr bedeutsam, da sie es erlauben, die in einem System bewiesenen Gesetze auf isomorphe Systeme zu extrapolieren, ohne daß ein spezieller Beweis erforderlich wäre; denn für jeden Satz, der im ersten System wahr ist, gilt, daß sein isomorphes Bild im zweiten System wahr ist.

STEGMÜLLER²⁶⁵⁾ dagegen relativiert die Bedeutung nomologischer Isomorphismen durch folgende Überlegungen: Durch die Verwendung der nomologischen Isomorphie zweier Systeme können keine Erklärungen extrapoliert oder Gesetze gefunden werden. Somit kann man aus der Wahrheit der Sätze im ersten System auch nicht auf die Wahrheit der Sätze im isomorphen System schließen.

Eine Erklärung im Bereich S kann nur durch Gesetze aus S erfolgen. Existieren diese Gesetze nicht, darf man nicht die isomorphen Bilder der entsprechenden Gesetze aus S' anwenden. Ein nomologischer Isomorphismus zwischen zwei Bereichen kann erst nachträglich festgestellt werden, d. h. erst dann, wenn die Gesetze beider Bereiche bekannt sind.

Sind dagegen die Gesetze, die man zur Erklärung braucht, bekannt, braucht man keine Analogiemodelle (so nennt man die isomorphen Bilder) mehr. Die Erklärung kann sich auf die zur Verfügung stehenden Gesetze stützen und braucht bzw. kann sich nicht auf (isomorphe) Gesetze gründen, die für einen anderen Bereich gelten.

Somit leistet der Begriff des Isomorphismus für die Erklärung nicht viel. Trotzdem hat er eine praktisch wichtige Funktion:

Analogiemodelle (mittels nomologischer Isomorphismen konstruiert) haben großen heuristischen Wert für die Entdeckung neuer gesetzmäßiger Zusammenhänge hauptsächlich der Art, daß man partielle Analogiemodelle zu erweitern versucht. Das Vorgehen ist etwa folgendermaßen:

Man extrapoliert das partielle Analogiemodell über den bisher bekannten nomologischen Isomorphismus hinaus und vermutet, daß er bislang nicht berücksichtigte Gesetzmäßigkeiten betrifft. Die solcherart motivierte Aufstellung von Gesetzeshypothesen für den neuen Gegenstandsbereich kann und muß anschließend empirisch bestätigt werden.

Eine weitere Bedeutung des nomologischen Isomorphismus erkennt man unter dem Aspekt der deduktiven Ökonomie, zu welcher die Analogiemodelle führen: Besteht ein nomologischer Isomorphismus zwischen einigen (oder allen) wichtigen Gesetzen einer Theorie, so überträgt sich der Isomorphismus auch auf alle Folgerungen aus diesen Gesetzen. Das ist unter (denk-)ökonomischem Aspekt vor allem deshalb bedeutsam, da logische und mathematische Deduktionen nicht mechanisierbar sind und weitgehend auf "Intuition" beruhen.

Allerdings darf man nie übersehen, daß auch das Vorhandensein eines nomologischen Isomorphismus eine Hypothese ist, auf deren Gültigkeit man sich nicht zu sehr verlassen darf. Somit muß man immer alle Gesetze der beiden Bereiche unabhängig voneinander testen und darf die Prüfungen nicht auf einen Bereich beschränken.

2) HOMOMORPHISMEN

Zwei Theorien heißen homomorph, wenn es eine eindeutige (aber nicht notwendig eineindeutige) Zuordnung zwischen den beiden Theorien gibt.

JOLON charakterisiert homomorphe Systeme - im Gegensatz zu isomorphen - dadurch, daß das homomorphe Bild eines Satzes, der im ersten System (das homomorph auf das zweite

abgebildet wird) wahr und bewiesen ist, auch im zweiten System wahr ist und bewiesen werden kann, nicht notwendig jedoch auch umgekehrt.

3) ÄQUIVALENZEN

Zwei (oder mehr) Theorien heißen äquivalent (JOLON spricht von "gleichwertig"), wenn sie zu ein und denselben Folgen führen oder äquivalente Resultate ergeben.

Äquivalente Systeme unterscheiden sich voneinander nur in der Form, in der sie Ausdruck finden.

Standardbeispiele äquivalenter Theorien sind die HEISENBERGsche Matrizen-Mechanik und die SCHRÖDINGERSche Wellen-Mechanik.

Nach CARNAP²⁶⁶⁾ kann die Äquivalenz auf zwei verschiedene Arten aufgefaßt werden:

- a) Äquivalenz in bezug auf bisher gemachte Beobachtungen, aber evtl. Unterscheidung in bezug auf noch nicht gemachte Beobachtungen, also eine "faktische Äquivalenz"
- b) Äquivalenz auch in bezug auf Prognosen, d. h. auf nur mögliche, aber noch nicht realisierte Beobachtungen. STEGMÜLLER²⁶⁷⁾ nennt dies eine "empirische Äquivalenz". Da die Klassen von Beobachtungsaussagen, die aus empirisch äquivalenten Theorien gefolgert werden können, miteinander identisch sind, bedeutet die empirische Äquivalenz zweier Theorien nichts anderes, als daß ihr empirischer Gehalt (hier verstanden als Klasse der aus einer Theorie folgerbaren Beobachtungsaussagen; vgl. 2.6) gleich ist.

Unter Benutzung der non-statement Konzeption sind andere Beziehungen zwischen Theorien möglich:

- A) Formale Identität zweier Theorien (im SNEEDschen Sinne), d. h. a) daß beide Theorien dieselbe mathematische Struktur besitzen
 - b) daß die Unterscheidung zwischen theoretischen und nicht-theoretischen Funktionen dieselbe ist
 - c) daß vollkommene Übereinstimmung bzgl. der Nebenbedingungen besteht.
- B) Anwendungsäquivalenz zweier Strukturkerne, d. h. daß sie dieselbe Menge denkmöglicher Anwendungen besitzen.

Die exakten Explikationen dieser Begriffe ²⁶⁸⁾ würden den Rahmen dieser Darstellung sprengen; sie sind aber durchaus praktisch verwendbar:

So zeigt SNEED mit diesem Begriffsapparat, daß die klassische Partikelmechanik in der NEWTONschen Formulierung und die LAGRANGESche generalisierte Mechanik (also Theorien mit wesentlich verschiedenen theoretischen Funktionen) äquivalent sind.

4) INKLUSION und FORMALE REDUKTION

Unter Theorie-Reduktion versteht man eine intertheoretische Erklärung, wobei eine Theorie durch eine andere erklärt wird, die normalerweise einen anderen Anwendungsbereich hat.

Nach OPPENHEIM-PUTNAM ²⁶⁹⁾ nennt man eine Theorie T' auf eine Theorie T reduziert (T heißt reduzierende, T' reduzierte (erklärte) Theorie) dann und nur dann wenn:

- a) die Sprache von T' Terme enthält, die nicht in der Sprache von T enthalten sind
- b) jegliche Beobachtungsdaten, die durch T' erklärt werden können, auch durch T erklärbar sind
- c) T mindestens ebenso gut systematisiert ist wie T'.

NAGEL unterscheidet zwei Arten von Reduktion: ²⁷⁰⁾

- a) homogene Reduktion, die vorliegt, wenn die betrachteten Bereiche der beiden Theorien qualitativ homogen sind, d. h. wenn sie aus Elementen der gleichen (natürlichen) Art zusammengesetzt sind
- b) inhomogene Reduktion, die vorliegt, wenn dies nicht der Fall ist.

ad a): Hier wird die Reduktion sogar zur logischen Ableitung einer der beiden Theorien aus der anderen bzw. sie führt dazu, daß eine Theorie die andere enthält.

ad b): Es sind verschiedene Bereiche von Tatsachen betroffen, somit kann die reduzierte Theorie T' nicht unter die reduzierende Theorie T subsumiert werden. Da mindestens ein Begriff der reduzierten Theorie T' nicht in der reduzierenden Theorie T vorkommt, muß es sogenannte Theorie-Verbindungen oder Brückenhypothesen geben, die in beiden Theorien

nicht vorkommen, aber bestimmte Terme von T' mit bestimmten Termen von T verbinden.

Somit erhalten wir für diesen Fall eine Zurückführung auf Fall a). ²⁷¹⁾

Wenn nun die reduzierte Theorie derart organisiert wurde, wird ihre Beziehung zur reduzierenden Theorie rein logisch und die Unterscheidung "homogen-heterogen" ist somit von heuristischer oder historischer Natur.

Deshalb beschränkt BUNGE seinen Reduktionsbegriff auf den der Inklusion, d. h. das Ineinander-Enthalten-Sein zweier Theorien:

T' ist eine Subtheorie von T (äquivalent: T ist eine Erweiterung von T'), wenn alle Formeln von T' auch in T sind, aber nicht umgekehrt.

Um das Operieren mit unendlichen Mengen von Formeln zu vermeiden, kann man auch definieren:

T' ist eine Subtheorie von T , wenn die Menge der Grundbegriffe von T' in der Menge der Grundbegriffe von T enthalten ist und wenn jedes Axiom von T' eine gültige Formel von T ist.

Die Bedeutung des Reduktionsbegriffs liegt speziell darin, daß er eine Differenzierung des Fortschrittsbegriffs ermöglicht:

"Revolutionärer wissenschaftlicher Fortschritt liegt vor, wenn die verdrängte Theorie auf die Ersatztheorie reduzierbar ist." ²⁷²⁾

Ist jedoch die alte Theorie nicht auf die neue Theorie reduzierbar (ein Fall, in dem KUHN auch von Fortschritt sprechen würde), so handelt es sich nur um eine Dynamik ohne Fortschritt. ²⁷³⁾

Gerade angesichts dieser Bedeutung der Reduktion erscheint eine Differenzierung dieses Begriffs interessant.

SCHAFFNER ²⁷⁴⁾ unterscheidet insgesamt vier verschiedene Paradigmen der Reduktion, die er jeweils nach ihren Hauptvertretern benennt: ²⁷⁵⁾

A) Das NAGEL-WOODGER-QUINE (NWQ) Paradigma:

Die Basis-Terme der einen Theorie werden direkt auf die Basis-Terme der anderen Theorie reduziert. Die Axiome und Gesetze der reduzierten Theorie sind dabei aus der

reduzierenden Theorie (unter Adjunktion zusätzlicher Begriffe und Hypothesen) ableitbar. Voraussetzung hierfür ist, daß alle Basisterme der reduzierten Theorie in der reduzierenden Theorie vorkommen oder mit den Begriffen der reduzierenden Theorie durch eindeutige Beziehungen verbunden sind.

- B) Das KEMENY - OPPENHEIM Paradigma (vgl. oben auch: OPPENHEIM - PUTNAM):

Hier liegt eine sogenannte indirekte Reduktion vor, die dadurch charakterisiert ist, daß man aus beiden Theorien sich entsprechende Beobachtungs-Voraussagen erhält bzw. daß man jedes mit der reduzierten Theorie assoziierte Beobachtungsdatum auch mit der reduzierenden Theorie erklären kann.

- C) Das POPPER - FEYERABEND - KUHN Paradigma:

Die Vertreter dieses Paradigmas leugnen die Möglichkeit der Reduktion in dem Sinne, daß eine Theorie aus einer anderen abgeleitet werden kann bzw. daß sie erklärt, warum die alte Theorie "funktionierte".

Die "Reduktion" von T' auf T beschränkt sich hier darauf, daß T deduktive Konsequenzen T'' erzeugt, die wiederum in Voraussagen einmünden, die numerisch "sehr nah" zu den entsprechenden - aus T' gewonnenen - Prognosen sind.

- D) Das ADAMS - SUPPES (AS) Paradigma:

Hier geschieht die Reduktion zweier Theorien durch die Auffindung bzw. Konstruktion isomorpher Modelle der beiden Theorien; bzw. exakter:

T' heißt auf T reduziert, wenn man für jedes Modell M' von T' ein Modell M von T finden kann, so daß M isomorph zu M' ist.

SCHAFFNER zeigt, daß das AS-Paradigma eine schwache Version des NWQ-Paradigmas ist, d. h.: wenn eine NWQ-Reduktion existiert, dann gibt es auch eine AS-Reduktion.

Außerdem konstatiert er, daß das AS-Paradigma "sehr schwach" ist, da es Reduktions-Beziehungen zwischen Theorien herstellt, die nur die gleiche Struktur haben, zwischen denen aber sonst keine Bezugspunkte existieren.

Quasi als Synthese dieser vier Paradigmen führt SCHAFFNER

ein "Allgemeines Reduktions-Paradigma" ein. Dieses läßt sich folgendermaßen charakterisieren:

- a) Mittels Reduktionsfunktionen (logischen Deduktionen) wird eine Theorie T' aus T abgeleitet.
- b) T' korrigiert T in dem Sinne, daß es in fast allen Anwendungsfällen präzisere und besser prüfbare Voraussagen als T erlaubt.
- c) T' sollte durch T in dem nicht-formalen Sinn erklärbar sein, daß die deduktive Konsequenz T' (von T) eine "große Ähnlichkeit" mit T hat, in dem Sinne, daß die numerischen Voraussagen von T' und T sehr nah zusammenliegen.
- d) Die Beziehungen zwischen T' und T sollten eine starke positive Analogie aufweisen, wobei SCHAFFNER allerdings einräumt, daß der Analogie-Begriff noch weiter expliziert werden müßte.

Damit kommen wir dann - nach den asymptotischen und den formalen intertheoretischen Relationen - zu der dritten Kategorie:

ad III Pragmatische intertheoretische Relationen

1) HEURISTISCHE RELATIONEN

Eine heuristische Relation zwischen zwei Theorien liegt dann vor, wenn eine Theorie die andere anregt oder hilft, sie aufzubauen.

Wichtigster Fall solcher heuristischer Relationen sind die sogenannten Korrespondenz-Prinzipien (beispielsweise das BOHRsche Korrespondenz-Prinzip für die Quantentheorie), die fordern, daß die neue Theorie die anerkannten Teile der alten Theorie wiedergibt bzw. erklärt.

2) METHODOLOGISCHE RELATIONEN

Hierbei ist eine der beiden betrachteten Theorien die Theorie, die die experimentelle Überprüfung der anderen Theorie ermöglicht, beispielsweise die Optik (Fernrohre,...) für die Astrophysik.

Diese methodologische Relation ist sehr wichtig, da keine Theorie methodologisch vom Rest der Wissenschaft isoliert zu sehen ist; denn keine Theorie reicht aus, ihre eigenen

Prüfungen zu entwerfen und zu interpretieren. Diesen Fall, daß eine Theorie die Beschreibungen und Erklärungen der Arbeitsweise der Instrumente enthält, die nötig sind, um die Behauptungen einer anderen Theorie zu überprüfen, nennt MEHLBERG ²⁷⁶⁾ folgerungsmäßige Abhängigkeit. Diese bildet zusammen mit der definitorischen Abhängigkeit (die Begriffe der einen Theorie sind der anderen entlehnt bzw. in deren Termen definiert) bei MEHLBERG eine Form der Voraussetzungsrelation (vgl. 3.2; IV,1).

3) INDIREKTE METHODOLOGISCHE RELATIONEN

Da Theorien nicht direkt geprüft werden können, wird eine alte, etablierte Theorie als Bedingung angesehen, die eine neue Theorie "erfüllen" muß, um anerkannt zu werden. Dieses "Erfüllen" der alten Theorie bedeutet dabei meist, daß die neue Theorie die alte als Grenzwert enthält (vgl. aber I.).

Eine weitere manchmal diskutierte intertheoretische Relation ist die dialektische Aufhebungsrelation (vgl. beispielsweise STRAUSS ²⁷⁷⁾). BUNGE ist diesbezüglich jedoch der Auffassung, daß diese "Relation" keinerlei Klärung der Beziehungen zwischen Theorien ermöglicht, da diese "Relation" (bzw. das, was ihre Anhänger darunter verstehen) selbst ziemlich unklar ist. ²⁷⁸⁾

Abschließend sei noch die vierte und letzte Kategorie der BUNGEschen Klassifizierung dargestellt:

ad IV Semantische intertheoretische Relationen

Bei den semantischen intertheoretischen Relationen gibt es im wesentlichen zwei interessante Aspekte:

1) VORAUSSETZUNGSRELATION

Diese Relation ist folgendermaßen definiert: ²⁷⁹⁾

Eine Theorie A setzt eine Theorie B voraus (A basiert auf B), wenn gilt:

- a) B ist notwendige Bedingung für die Bedeutung von A, da A Begriffe enthält, die in B erläutert werden oder Aussagen, die in B gerechtfertigt werden.
- b) B wird während der Konstruktion von A nicht in Frage gestellt.

Die Voraussetzungsrelation in obigem Sinne ist natürlich nicht identisch mit dem pragmatischen oder psychologischen Begriff der Priorität oder dem Begriff der Folgerung; denn: wenn A aus B ableitbar ist, setzt A offensichtlich B voraus (in obigem Sinne), aber die Umkehrung gilt nicht.

Oft tritt der Fall ein, daß die Theorie A die Theorie B voraussetzt, dabei den Geltungsbereich von B ausdehnt und B gleichzeitig widerlegt. Dies klingt zwar inkonsistent, ist aber der Alltag des wissenschaftlichen Fortschritts und kann mittels obiger intertheoretischer Relationen durchaus verstanden werden.

2) BEDEUTUNGSWANDEL

Nach der Auffassung mancher Vertreter der historischen Schule der Wissenschaftstheorie²⁸⁰⁾ ändern sich die Bezugsobjekte wissenschaftlicher Theorien im Verlauf wissenschaftlicher Revolutionen.

Das stimmt aber nicht:

In den meisten Fällen bleibt das, worauf die Theorien sich beziehen, erhalten; es liegt nur ein Bedeutungswandel vor.

Diesen Bedeutungswandel (z. B. des Begriffs der Masse in relativistischen und nicht-relativistischen Theorien) kann man jedoch nach BUNGE dadurch fassen, daß man die jeweiligen Begriffe als mehrstellige Begriffe auffaßt (meist also als mehrstellige Funktionen bzw. Funktionen in mehreren Variablen), deren jeweilige theorie-spezifische Bedeutung sich durch Einschränkung dieses umfassenden Begriffs auf bestimmte Teilbereiche ergibt.²⁸¹⁾ Für den Bedeutungswandel von Begriffen beim Theorienwechsel gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- a) Der Begriff "degeneriert", d. h. der Begriff spaltet sich in der neuen Theorie in mehrere Teil-Begriffe auf.
- b) Durch "begriffliche Vereinigung" werden mehrere Begriff der Vorgänger-Theorien umfaßt.
- c) Der Begriff der alten Theorie gehört unverändert auch zur neuen (also kein Bedeutungswandel i.e.S.)

- d) Der Begriff wird in der neuen Theorie erweitert, erhält also einen neuen Anwendungsbereich.
- e) Der Begriff wird in der neuen Theorie neu eingeführt.
- f) Der Begriff erhält in der neuen Theorie einen kleineren Anwendungsbereich.

Unter Berufung auf SCHEIBE ²⁸²⁾ soll noch einmal betont werden, daß der Bedeutungswandel kein unüberwindbares Hindernis für approximative Erklärungen (bzw. allgemein für intertheoretische Relationen) darstellt.

Es ergibt sich sogar, daß gerade die Untersuchung der Struktur des Bedeutungswandels beim Wechsel von Theorien die Möglichkeit eröffnet, intertheoretische Relationen zum Bestandteil des Verständnisses der Beziehungen zwischen Theorien zu machen.

Hiermit hat SCHEIBE also den KUHNschen Ansatz zur Inkommensurabilitätsthese - nämlich den Bedeutungswandel - gerade zum (entscheidenden) Gegenargument gegen diese These benutzt!

Einige abschließende Bemerkungen

Wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, ist es trotz der Verschiedenartigkeit dessen, was man innerhalb der einzelnen Konzeptionen unter "Theorie" versteht möglich, allgemeine Charaktere von Theorien anzugeben, mit deren Hilfe man die Theorien deskriptiv, normativ und komparativ beleuchten kann.

Dabei konnte wegen der Vielschichtigkeit des Problemkomplexes nur selten eine präzise / eindeutige Definition gegeben werden, die allgemein anerkannt wurde. Noch schwieriger gestaltete sich die Bewertung der Bedeutung der einzelnen Charaktere. Gerade deswegen wurde jedoch stets versucht, die einzelnen Charaktere so weit es ging zu präzisieren oder zumindest einzugrenzen. Dabei konnte eine Begriffsklärung zumeist dadurch erzielt werden, daß die Bestandteile der Theorie, auf die sich die Charaktere beziehen sollten, differenziert und anschließend festgelegt wurden. Auch die Zusammenhänge zwischen den so entstandenen einzelnen Begriffsformen wurden deshalb immer wieder beleuchtet.

Besonders betont wurden die Diskussionen um die Bedeutung der einzelnen Charaktere.

Dabei erwiesen sich die zuvor erfolgten Begriffsklärungen und -differenzierungen als äußerst sachdienlich; solche Diskussionen sind - wie wir vor allem am Beispiel der Einfachheit gesehen haben - sogar nur dann sinnvoll, wenn sowohl geklärt ist, welche Begriffsform gemeint ist als auch wie dies präzisiert ist.

Auf dieser Basis gelingt es dann am ehesten, einen Kompromiß über die Bedeutung der jeweiligen Charaktere zu erzielen.

Betrachtet man die Charaktere in ihrer normativen Funktion, so kann man nur einige von ihnen als Minimalforderungen an die Theorien ansehen (s. p. 103f); alle weitergehenden Forderungen muß man schon als Auszeichnungen der Theorien verstehen.

Gerade die Betonung weitergehender Forderungen kann damit dann aber auch zum wichtigen Kriterium für die Akzeptierung

bestimmter Theorien sein - ein Prozeß, der den Alltag wissenschaftspraktischer Arbeit kennzeichnet (z. B. weil sie einfacher zu handhaben ist arbeitet ein Forscher F_1 mit der Theorie T_1 ; sein Kollege F_2 braucht jedoch präzisere Ergebnisse und arbeitet deswegen mit der konkurrierenden Theorie T_2).

Auf eine genaue Analyse solcher Entscheidungsprozesse wurde verzichtet; vielmehr wurden anhand der intertheoretischen Relationen die direkten Beziehungen zwischen den Theorien beleuchtet und damit ein weiterer Beitrag für die Überwindung der Inkommensurabilität von Theorien geliefert. Ausgehend von der in Kapitel 1 gegebenen Präzisierung dessen, was man unter "Theorie" versteht und der Analyse der einzelnen Charaktere in Kapitel 2 wird durch das Verständnis der Prozesse zwischen den einzelnen Theorien ein umfassendes Arbeiten mit und über Theorien möglich.

Anmerkungen:

- 1) vgl. OPPENHEIM-PUTNAM (1958), p. 363
- 2) vgl. POPPER (1935), p. 61
- 3) Unter System versteht man dabei ganz allgemein eine geordnete/ strukturierte Menge/ Klasse von Begriffen und Aussagen.
- 4) vgl. STEGMÜLLER (1973), p. 41
- 5) dies und das Folgende nach SPINNER (1974), p. 124
- 6) zur genaueren Darstellung vgl. STEGMÜLLER (1973), Kap. VIII
- 7) genauere Erläuterungen s. STEGMÜLLER (1973), p. 100f
- 8) vgl. LAKATOS (1970)
- 9) oder "Rettungsring", wie es STRÖKER in STRÖKER (1975), p. 7 ausdrückt
- 10) vgl. z. B. methodologische Einfachheit (s. p. 84)
- 11) vgl. z. B. semantische Einfachheit (s. p. 83)
- 12) z. B. externe Konsistenz und Einfachheit (vgl. p. 83)
- 13) Hierbei ist die CARNAPsche Einteilung in: klassifikatorische, komparative und quantitative Begriffe zugrunde gelegt (vgl. CARNAP (1969), p. 59)
- 14) vgl. CARNAP (1969), p. 60
- 15) in Anlehnung an BUNGE (1961), (1963), (1967b) und ZELGER (1975)
- 16) die Form betreffende, nicht den Inhalt
- 17) den Inhalt betreffende
- 18) BUNGE (1963), p. 100ff; BUNGE (1961), p. 129ff
- 19) vgl. BUNGE (1961), p. 129ff und BUNGE (1963), p. 100-114
- 20) vgl. BUNGE (1967b), p. 352
- 21) vgl. ZELGER (1975), p. 233
- 22) "The question of the degree of adequacy of a physical theory to its corresponding physical object - a question ultimately decided by its degree of empirical confirmation - ..." (Bunge (1959), p. 156/7)
- 23) vgl. KRYMSKI (1969), p. 168
- 24) vgl. SPINNER (1974), p. 47
- 25) die nachfolgenden Definitionen nach BUNGE (1973), p. 165
- 26) vgl. z. B. KRYMSKI (1969), p. 168
- 27) vgl. BUNGE (1967a), p. 273
- 28) vgl. BUNGE (1967b), p. 352

- 29) vgl. hierzu auch 2.4
- 30) vgl. BUNGE (1967a), p. 509
- 31) vgl. BUNGE (1967a), p. 508
- 32) vgl. BUNGE (1967a), p. 507
- 33) vgl. QUINE (1970), p. 1-17
- 34) die auf QUINE (1970) basieren
- 35) vgl. BUNGE (1967b), p. 96-107
- 36) vgl. DYSON (1958), p. 80 (zitiert nach BUNGE (1961),
p. 135 und BYTSCHKO-SHARIKOW (1969), p. 311)
- 37) vgl. BUNGE (1967b), p. 354
- 38) vgl. DINGLER (1938), p. 145
- 39) vgl. z. B. POPPER (1935), p. 48-50
- 40) vgl. SCHILPP (1974), p. 32
- 41) vgl. GRÜNBAUM (1976b), p. 6
- 42) vgl. STRÖKER (1973), p. 100
- 43) vgl. STRÖKER (1973), p. 106/7
- 44) vgl. p. 55
- 45) vgl. Anm. 19)
- 46) vgl. BUNGE (1961), p. 137
- 47) vgl. BUNGE (1967b), p. 354
- 48) vgl. KOPNIN (1969), p. 248
- 49) vgl. KOPNIN (1969), p. 248
- 50) "What remains are aesthetic judgements of taste, and our
own subjective wishes." (FEYERABEND (1970a), p. 228)
- 51) vgl. KUHN (1962), p. 168
- 52) vgl. KUHN (1962), p. 169
- 53) vgl. SPINNER (1974), p. 171/2
- 54) vgl. BUNGE (1961), p. 138
- 55) vgl. BENSE (1969), p. 44f und p. 104f
- 56) vgl. BIRKHOFF (1933)
- 57) vgl. KOPNIN (1969), p. 249
- 58) vgl. KOPNIN (1969), p. 249
- 59) im KUHNschen Sinne wäre das die paradigmatische Phase
- 60) vgl. JOLON (1969), p. 136
- 61) vgl. JOLON (1969), p. 136
- 62) vgl. JOLON (1969), p. 136
- 63) vgl. JOLON (1969), p. 136
- 64) vgl. HEISENBERG (1973), p. 140f
- 65) vgl. WEIZSÄCKER (1965), p. 379

- 66) in HEISENBERG (1973)
- 67) "Die abgeschlossenen Theorien sind kein absolutes, aber ein relatives Optimum." (WEIZSÄCKER (1965), p. 379)
- 68) vgl. LORENZEN (1971), p. 63
- 69) Einzelheiten s. LORENZEN (1971), p. 64
- 70) nach SCHLEGEL (1967), p. 35/6
- 71) vgl. SCHLEGEL (1967), p. 46
- 72) vgl. BUNGE (1973), p. 162
- 73) vgl. R. MÜLLER: Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit einer elementaren mathematischen Theorie (am Beispiel der Gruppe); MNU; 4; 1975
- 74) vgl. SCHLEGEL (1967), p. 51
- 75) vgl. BUNGE (1973), p. 164
- 76) vgl. SCHLEGEL (1967), p. 50
- 77) in HEMPEL (1951), p. 127/8
- 78) vgl. HEMPEL (1951), p. 132/3
- 79) vgl. HEMPEL (1951), p. 138
- 80) vgl. HEMPEL (1951), p. 141
- 81) in HEMPEL (1950)
- 82) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 181f und p. 319f
- 83) vgl. HEMPEL (1951), p. 126
- 84) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 186-188
- 85) vgl. HEMPEL (1950), p. 107 und STEGMÜLLER (1970), p. 192
- 86) vgl. HEMPEL (1950), p. 108
- 87) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 192
- 88) vgl. HEMPEL (1950), p. 111
- 89) vgl. POPPER (1935), p. 15
- 90) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 195
- 91) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 197
- 92) Begründung: Sei S eine beliebige Aussage, B irgendein Beobachtungssatz und $S \rightarrow B$ eine weitere Prämisse. Auf Grund des modus ponens ist B dann aus den Prämissen S und $S \rightarrow B$ logisch zu folgern, ohne daß B eine logische Folgerung von $S \rightarrow B$ allein wäre. Somit wäre jede beliebige Aussage S gemäß (E 4) empirisch signifikant.
- 93) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 198
- 94) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 198
- 95) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 199
- 96) vgl. HEMPEL (1950), p. p. 114

- 97) vgl. HEMPEL (1950), p. 114
- 98) Hier wird das CARNAPsche Zweistufenmodell mit seiner Unterteilung in empiristische Sprache L_E und theoretische Sprache L_T zugrunde gelegt.
- 99) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 204
- 100) in STEGMÜLLER (1970), p. 212
- 101) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 212
- 102) nach STEGMÜLLER (1970), p. 294
- 103) nach STEGMÜLLER (1970), p. 294/5
- 104) vgl. CARNAP (1960), p. 231
- 105) vgl. ACHINSTEIN (1965/6), p. 759/60
- 106) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 326
- 107) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 8
- 108) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 429
- 109) vgl. JUHOS (1971), p. 146
- 110) vgl. STEGMÜLLER (1967b), p. 86
- 111) vgl. STEGMÜLLER (1967b), p. 89
- 112) vgl. STEGMÜLLER (1967b), p. 738
- 113) vgl. FEYERABEND (1963), p. 307f
- 114) vgl. POPPER (1935), p. 352
- 115) vgl. BUNGE (1967b), p. 48
- 116) vgl. BUNGE (1967b), p. 50
- 117) vgl. BUNGE (1967b), p. 51
- 118) vgl. BUNGE (1967b), p. 52
- 119) vgl. BUNGE (1967b), p. 52
- 120) vgl. STEGMÜLLER (1969b), p. 155
- 121) vgl. POPPER (1949), p. 53
- 122) vgl. POPPER (1962), p. 117
- 123) nach BUNGE (1967b), p. 97
- 124) vgl. BUNGE (1967b), p. 100f
- 125) vgl. BUNGE (1967b), p. 102
- 126) vgl. BUNGE (1961), p. 133
- 127) nach FRANK (1954b), p. 16
- 128) vgl. FRANK (1954b), p. 16
- 129) vgl. CARNAP (1969), p. 231
- 130) vgl. BUNGE (1961), p. 134
- 131) vgl. ZELGER (1975), p. 238
- 132) vgl. POPPER (1933), p. 6
- 133) "...theories are seen to be the free creations of our

own minds, the result of an almost poetic intuition."

(POPPER (1962), p. 192)

- 134) ausführliche Erläuterungen und Beispiele vgl.
URBACH (1975), p. 11f
- 135) vgl. STRÖCKER (1968), p. 499
- 136) vgl. BYTSCHKO-SHARIKOW (1969), p. 289-304
- 137) vgl. BYTSCHKO-SHARIKOW (1969), p. 295
- 138) vgl. SEREBRYANNIKOW (1972), p. 7
- 139) Zur Erläuterung dieser Prinzipien vgl. BUNGE (1967b),
p. 291-293
- 140) vgl. SEREBRYANNIKOW (1972), p. 61ff
- 141) vgl. MUSGRAVE (1975), p. 36ff
- 142) es ist auch ein Beispiel für die Argumentation vor
Anm. 134)
- 143) vgl. WORRAILL (1975), p. 26
- 144) vgl. p. 5
- 145) vgl. STRÖCKER (1975), p. 10
- 146) vgl. URBACH (1975), p. 15ff
- 147) vgl. URBACH (1975), p. 16f
- 148) vgl. p. 112
- 149) vgl. SPINNER (1974), p. 141
- 150) vgl. BUNGE (1974), p. 159/60
- 151) genauere Erläuterungen vgl. BUNGE (1974), p. 159/60
- 152) vgl. BUNGE (1974) p. 154
- 153) vgl. DICK (1972), p. 56
- 154) vgl. z. B. POPPER (1935), p. 83f
- 155) vgl. DICK (1972), p. 76
- 156) vgl. DICK (1972)
- 157) vgl. POPPER (1935), p. 79f
- 158) vgl. POPPER (1935), p. 91
- 159) vgl. POPPER (1935), p. 84
- 160) in POPPER (1962), p. 233 und POPPER (1972), p. 63/4
- 161) vgl. POPPER (1962), p. 233
- 162) zumindest für POPPER
- 163) vgl. POPPER (1962), p. 234
- 164) In den Addenda von POPPER (1962) führt er noch eine
andere mögliche Definition an.
- 165) vgl. POPPER (1962), p. 232
- 166) vgl. POPPER (1972), p. 96

- 167) vgl. POPPER (1972), p. 76
- 168) vgl. POPPER (1972), p. 345
- 169) vgl. POPPER (1972), p. 96/7
- 170) vgl. POPPER (1972), p. 97
- 171) vgl. POPPER (1972), p. 339
- 172) vgl. GRÜNBAUM (1976a), p. 114
- 173) vgl. TICHY (1974)
- 174) zumindest sofern man POPPERs Definition der Wahrheits-
ähnlichkeit akzeptiert; andere Definitionen könnten
andere Ergebnisse hervorbringen.
- 175) vgl. POPPER (1972), p. 95
- 176) in POPPER (1966)
- 177) vgl. GRÜNBAUM (1967b), p. 4
- 178) vgl. BUNGE (1974), p. 159
- 179) "if...we were always to regard the more falsifiable
[hypotheses] as the more acceptable, we should be led
to absurd conclusions." BARKER (1961a), p. 169
- 180) vgl. NELSON (1971), p. 89
- 181) vgl. SCHILPP (1974), p. 18 und p. 158
- 182) vgl. POPPER (1972), p. 65/6
- 183) vgl. GRÜNBAUM (1976b), Chapter 3
- 184) vgl. MACH (1883), p. 461
- 185) in "Materialismus und Empiriokritizismus"
- 186) "...it is that we regard the simpler explanation as the
more probably true." BARKER (1961b), p. 273
- 187) vgl. BUNGE (1963) und BUNGE (1961), p. 121/2
- 188) vgl. KEMENY (1953), p. 312ff
- 189) vgl. KEMENY (1953), p. 316
- 190) vgl. ACKERMANN (1961), p. 153
- 191) vgl. BARKER (1961b), p. 273
- 192) vgl. BUNGE (1963), p. 54ff
- 193) vgl. BUNGE (1963), p. 56
- 194) in BUNGE (1963), p. 58-65
- 195) vgl. SCHAFFNER (1970), p. 328
- 196) das ist ein (physikalischer) Effekt, der nicht weiter
in einzeln zu axiomatisierende Bestandteile zerlegt
werden kann
- 197) vgl. BUNGE (1963), p. 58
- 198) vgl. BUNGE (1963), p. 71

- 199) in POPPER (1962) und POPPER (1935), p. 98ff
- 200) vgl. QUINE (1966), p. 251
- 201) vgl. BUNGE, hier p. 74
- 202) vgl. CARNAP (1923), p. 94
- 203) vgl. DINGLER (1938), p. 284ff und DINGLER (1923), p. 388
- 204) vgl. DINGLER (1938), p. 287
- 205) sofern man die Betrachtungen auf die Geometrie beschränkt und die Optik nicht berücksichtigt
- 206) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 167
- 207) in BUNGE (1961), p. 129-137 und BUNGE (1963), p. 100 bis 114; hier s. 2.1
- 208) a) Wenige und niedrige Levels haben größere Einfachheit zur Folge oder
b) Je höhere Ebenen, desto mehr Vereinheitlichung und folglich auch Einfachheit; also niedrige Ebenen haben Komplexität zur Folge.
- 209) vgl. BUNGE (1961), p. 140
- 210) in BUNGE (1963), p. 114/5
- 211) vgl. BARKER (1961a), p. 177
- 212) "eng" und "breit" hier als Charakterisierungen für die Größe des Anwendungsbereichs und die Tiefe der Theorie.
- 213) vgl. POPPER (1972), p. 385
- 214) BRIDGMAN (1954), p. 76
- 215) "...that not every operational statement is necessarily meaningful and that not every nonoperational statement is necessarily meaningless." SEEGER (1954), p. 81
- 216) nach BUNGE (1967b), p. 339f
- 217) in POPPER (1949), p. 54
- 218) "The key to the verification of theories is that you never verify them. What you do verify are logical consequences of the theory. Verification is the process of seeing whether something predicted is really so. Since we can only observe particular facts, we must verify particular consequences of a theory, not the general theory itself." KEMENY (1959), p. 96
- 219) vgl. LAKATOS (1968b), p. 330ff
- 220) vgl. JUHOS (1970a), p. 122 und p. 139
- 221) das ist der Grad des "Fürwahrhaltens", also des Fürwahr-scheinlichhaltens im alltäglichen Leben, das

zahlenmäßig exakt nicht faßbar ist; vgl. JUHOS (1970a),
p. 14/5

- 222) vgl. POPPER (1935), p. 7/8
- 223) vgl. POPPER (1935), p. 60 und p. 70
- 224) vgl. ALBERT (1968), p. 13
- 225) vgl. POPPER (1935), p. 214
- 226) vgl. POPPER (1972), p. 30
- 227) vgl. POPPER (1935), p. 213
- 228) vgl. POPPER (1972), p. 30
- 229) vgl. JUHOS (1970a), p. 142f
- 230) vgl. JUHOS (1970a), p. 142f
- 231) vgl. JUHOS (1970b), p. 55/6
- 232) Einzelheiten vgl. WIESEN (1977), Kap. 2.2.2
- 233) vgl. STEGMÜLLER (1971), p. 70f
- 234) vgl. LAKATOS (1968b), p. 375ff
- 235) vgl. STRÖCKER (1975), p. 2
- 236) vgl. GRÜNBAUM (1976c), p. 217
- 237) vgl. WORRALL (1975), p. 6f
- 238) vgl. WORRALL (1975), p. 13f
- 239) vgl. MUSGRAVE (1975), p. 14ff
- 240) vgl. BUNGE (1974), p. 77
- 241) vgl. BUNGE (1974), p. 78, Thesis 2.4
- 242) vgl. BUNGE (1974), p. 78, Definition 2.40
- 243) vgl. BUNGE (1974), p. 78
- 244) s. p. 117
- 245) in BUNGE (1970), p. 285
- 246) vgl. auch BUNGE (1973), p. 208/9
- 247) vgl. SCHEIBE (1973)
- 248) vgl. STEGMÜLLER (1973)
- 249) vgl. KRÜGER (1974), p. 242
- 250) vgl. STRAUSS (1970)
- 251) vgl. KOERTGE (1973), p. 112f
- 252) vgl. BUNGE (1970), p. 288-309 und BUNGE (1973), p. 179-209
- 253) vgl. STRAUSS (1970)
- 254) vgl. BUNGE (1970), p. 289-296
- 255) vgl. BUNGE (1970), p. 294/5
- 256) vgl. SCHEIBE (1973), p. 931-943
- 257) vgl. FEYERABEND (1963)
- 258) vgl. DUHEM (1908)
- 259) Einzelheiten vgl. SCHEIBE (1973), p. 931f

- 260) vgl. BUNGE (1970), p. 297
- 261) vgl. JOLON (1969), p. 127/8
- 262) siehe BERENDA (1952), p. 73
- 263) vgl. STEGMÜLLER (1969b), p. 133f
- 264) vgl. JOLON (1969), p. 128
- 265) vgl. STEGMÜLLER (1969b), p. 135ff
- 266) vgl. CARNAP (1969), p. 156
- 267) vgl. STEGMÜLLER (1970), p. 159
- 268) vgl. beispielsweise STEGMÜLLER (1973)
- 269) vgl. OPPENHEIM-PUTNAM (1958), p. 341
- 270) nach BUNGE (1970), p. 286
- 271) nach BUNGE (1970), p. 287
- 272) vgl. STEGMÜLLER (1974), p. 198
- 273) vgl. STEGMÜLLER (1974), p. 201
- 274) vgl. SCHAFFNER (1967), p. 138-145
- 275) bei einigen dieser Ansätze ist allerdings zu beachten,
daß sie nicht mehr zu den formalen Relationen gehören
- 276) vgl. MEHLBERG (1958), p. 209
- 277) vgl. STRAUSS (1970), p. 224
- 278) vgl. BUNGE (1970), p. 312
- 279) vgl. BUNGE (1970), p. 300
- 280) vgl. z. B. KUHN (1962)
- 281) genauere Erläuterungen vgl. BUNGE (1970), p. 304
- 282) vgl. SCHEIBE (1973), p. 942

Einige technische Bemerkungen:

Um die Arbeit übersichtlicher zu gestalten, habe ich Namen durch Großbuchstaben hervorgehoben, z. B.: BUNGE. Dies ist auch bei Zitaten der Fall, bei denen im Original eine solche Hervorhebung nicht zu finden war.

Ferner mußte ich aus drucktechnischen Gründen auf die Wiedergabe von Fettdrucktext verzichten, soweit er im Original vorkam.

In der Bibliographie ist eine vollständige Aufstellung der untersuchten Literatur mit Angabe der genauen Titel und Erscheinungsjahre zu finden.

BIBLIOGRAPHIE:

ACHINSTEIN, P.

- (1965/6) Scientific Theories and Empirical Significance
in: The Review of Metaphysics; 19; 1965/6

ACKERMANN, R.

- (1961) Inductive Simplicity
in: Philosophy of Science; 28; 1961

ALBERT, H.

- (1968) Traktat über Kritische Vernunft; Tübingen; 1968

BARKER, S. F.

- (1961a) On Simplicity in Empirical Hypotheses
in: Philosophy of Science; 28; 1961
(1961b) The Role of Simplicity in Explanation
in: FEIGL-MAXWELL: Current Issues in the
Philosophy of Science; 1961

BENSE, H.

- (1969) Einführung in die informationstheoretische
Ästhetik; Reinbek; 1969

BERENDA, C. W.

- (1952) On Verifiability, Simplicity, and Equivalence
in: Philosophy of Science; 19; 1952

BIRKHOFF, G. D.

- (1933) Aesthetic Measure; Cambridge, Massachusetts; 1933

BRAITHWAITE, R. B.

- (1953) Scientific Explanation; Cambridge; 1953

BRIDGMAN, P. W.

- (1954) The Present State of Operationalism
in: FRANK (1954a)

BUNGE, M.

- (1959) Metascientific Queries; Springfield; 1959
(1961) The Weight of Simplicity in the Construction
and Assaying of Scientific Theories
in: Philosophy of Science; 28; 1961
(1963) The Myth of Simplicity; Englewood Cliffs; 1963

BUNGE, M.

- (1967a) Scientific Research I: The Search for System;
Berlin; 1967
- (1967b) Scientific Research II: The Search for Truth;
Berlin; 1967
- (1970) Problems Concerning Intertheory Relations
in: WEINGARTNER-ZECHA (1970)
- (1973) Philosophy of Physics; Dordrecht/Holland; 1973
- (1974) Treatise on Basic Philosophy, Vol. I, Sense
and Reference; Dordrecht/Holland; 1974

BYTSCHKO-SHARIKOW

- (1969) Wissenschaftliche Suche
in: KOPNIN-POPOWITSCH (1969)

CARNAP, R.

- (1923) Über die Aufgabe der Physik und die Anwendung
des Grundsatzes der Einfachtheit
in: Kant-Studien; 28; 1923
- (1960) Theoretische Begriffe der Wissenschaft. Eine
logische und methodologische Untersuchung
in: Zeitschrift für Philosophische Forschung;
14; 1960
- (1969) Einführung in die Philosophie der Naturwissen-
schaft; München; 1969

DICK, F.

- (1972) Wenn p, dann q. Die Widersprüche des nomothetischen
Gesetzesbegriffes der empirisch-analytischen
Sozialwissenschaften und dessen doppelt ideologische
Funktion. (Zum Theorienstreit zwischen Popper und
Holzkamp und zur Realität der Forschungspraxis);
Gießen; 1972

DIEDERICH, W.

- (1974) Theorien der Wissenschaftsgeschichte; Frankfurt;
1974

DINGLER, H.

- (1923) Theorie und Empirie
in: Kant-Studien; 28; 1923
- (1938) Die Methode der Physik; München; 1938

DUHEM, P.

- (1908) Ziel und Struktur der physikalischen Theorien;
Leipzig; 1908

DYSON, F. J.

- (1958) Innovation in Physics
in: Scientific American; 199; 1958

FEYERABEND, P. K.

- (1963) Wie wird man ein braver Empirist? Ein Aufruf zur
Toleranz in der Erkenntnistheorie
in: KRÜGER (1970)
- (1970a) Consolations for the Specialist
in: LAKATOS-MUSGRAVE: Criticism and the Growth
of Knowledge; Cambridge; 1970
- (1970b) Against Method: Outline of an Anarchistic
Theory of Knowledge
in: RADNER-WINOKUR: Minnesota Studies in the
Philosophy of Science, IV, Analyses of
Theories and Methods of Physics and
Psychology; Minneapolis; 1970

FRANK, P.

- (1954a) The Validation of Scientific Theories;
New York; 1954
- (1954b) The Variety of Reasons for the Acceptance of
Scientific Theories
in: FRANK (1954a)

GRÜNBAUM, A.

- (1976a) Is the Method of Bold Conjectures and Attempted
Refutations Justifiably the Method of Science?
in: The British Journal for the Philosophy of
Science; 27; 1976
- (1976b) Can a Theory Answer more Questions than one of
its Rivals?
in: The British Journal for the Philosophy of
Science; 27; 1976
- (1976c) Is Falsifiability the Touchstone of Scientific
Rationality? Karl Popper Versus Inductivism
in: COHEN: Essays in Memory of Imre Lakatos;
Dordrecht/Holland; 1976

HEISENBERG, W.

- (1973) Richtigkeitskriterien der abgeschlossenen
Theorien in der Physik
in: SCHEIBE-SÜSSMANN: Einheit und Vielheit. Fest-
schrift für C. F. v. Weizsäcker; Göttingen; 1973

HEMPEL, C. G.

- (1950) Probleme und Modifikationen des empiristischen
Sinnkriteriums
in: SINNREICH (1972)
- (1951) Der Begriff der kognitiven Signifikanz: eine
erneute Betrachtung
in: SINNREICH (1972)
- (1954) A Logical Appraisal of Operationism
in: FRANK (1954a)
- (1966) Studies in the Logic of Confirmation
in: FOSTER-MARTIN: Probability, Confirmation, and
Simplicity; New York 1966
- (1970) On the "Standard Conception" of Scientific Theories
in: RADNER-WINOKUR: Minnesota Studies in the
Philosophy of Science, IV, Analyses of Theories
and Methods of Physics and Psychology;
Minneapolis; 1970
- (1973) The Meaning of Theoretical Terms: A Critique of
the Standard Empiricist Construal
in: SUPPES, HENKIN, JOJA, MOISIL: Logic, Methodo-
logy and Philosophy of Science IV; Amsterdam
1973

HEMPEL, C. G. - OPPENHEIM

- (1945) A Definition of "Degree of Confirmation"
in: Philosophy of Science; 12; 1945(2)

JOLON, P. F.

- (1969) Das System des theoretischen Wissens
in: KOPNIN-POPOWITSCH (1969)

JUHOS, B.

- (1970a) Wahrscheinlichkeit als Erkenntnisform; Berlin; 1970
- (1970b) Die methodologische Symmetrie von Verifikation
und Falsifikation
in: Zeitschrift für allgemeine Wissenschafts-
theorie; I; 1970

- (1971) Rezension zu: W. Stegmüller: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie; Band 2: Theorie und Erfahrung
in: Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie; 2; 1971
- KEMENY, J. G.
(1953) The Use of Simplicity in Induction
in: FOSTER-MARTIN: Probability, Confirmation, and Simplicity; New York; 1966
(1959) A Philosopher Looks at Science; Toronto; 1959
- KEMENY, J. G. - OPPENHEIM
(1952) Degree of Factual Support
in: Philosophy of Science; 19; 1952
- KOERTGE, N.
(1971) Inter-Theoretic Criticism and the Growth of Science
in: Boston Studies in the Philosophy of Science; VIII; 1971
(1973) Theory Change in Science
in: PEARCE-MAYNARD: Conceptual Change; Dordrecht/ Holland; 1973
- KOPNIN, P. W.
(1969) Der Übergang vom wahrscheinlichen zum sicheren Wissen
in: KOPNIN-POPOWITSCH (1969)
- KOPNIN-POPOWITSCH
(1969) Logik der wissenschaftlichen Forschung; Berlin; 1969
- KRÜGER, L.
(1970) Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaften; Köln; 1970
(1974) Die systematische Bedeutung wissenschaftlicher Revolutionen. Pro und contra Thomas Kuhn
in: DIEDERICH (1974)
- KRYMSKI, S. B.
(1969) Die Interpretation der wissenschaftlichen Theorien
in: KOPNIN-POPOWITSCH (1969)
- KUHN, T. S.
(1962) Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen
Frankfurt; 1976

LAKATOS, I.

- (1968) Changes in the Problem of Inductive Logic
in: LAKATOS: The Problem of Inductive Logic;
Amsterdam; 1968
- (1970) Falsification and the Methodology of Scientific
Research Programmes
in: LAKATOS- MUSGRAVE: Criticism and the Growth
of Knowledge; Cambridge; 1970

LORENZEN, H. P.

- (1971) Bemerkungen über eine Möglichkeit der Definier-
barkeit von Wahrheit
in: Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie;
2; 1971

LSE

- (1975) LSE-Workshop, Kongreß-Bericht, 1975

MACH, E.

- (1883) Die Mechanik in ihrer Entwicklung; Leipzig; 1883

MEHLBERG, H.

- (1958) The Reach of Science; Toronto; 1958

MICHALOS, A. C.

- (1971) The Popper-Carnap Controversy; Den Haag; 1971

MUSGRAVE, A.

- (1975) Induction, Evidential Support, Falsification,
Heuristics and Anarchism
in: LSE (1975)

NAGEL, E.

- (1934) Verifizierbarkeit, Wahrheit und Verifikation
in: KRÜGER (1970)

NELSON, A. F.

- (1971) The HD Method and Scientific Change
in: Southwestern Journal of Philosophy; 2; 1971

OPPENHEIM-PUTNAM

- (1958) Einheit der Wissenschaft als Arbeitshypothese
in: KRÜGER (1970)

POPPER, K. R.

- (1932) Ein Kriterium des empirischen Charakters theore-
tischer Systeme
in: Erkenntnis 3; 1932/33

- (1935) Logik der Forschung; Tübingen; 1971
- (1949) Naturgesetze und theoretische Systeme
in: S. MOSER: Gesetz und Wirklichkeit;
Innsbruck; 1949
- (1962) Conjectures and Refutations: The Growth of
Scientific Knowledge; New York; 1963
- (1966) A theorem on truth-content
in: FEYERABEND-MAXWELL: Mind, Matter, and
Method; 1966
- (1972) Objektive Erkenntnis; Hamburg; 1973
- PUTNAM, H.
- (1962) What Theories are not
in: NAGEL, SUPPES, TARSKI: Logic, Methodology
and Philosophy of Science; Stanford; 1962
- QUINE, W. v. O.
- (1966) On Simple Theories of a Complex World
in: FOSTER-MARTIN: Probability, Confirmation,
and Simplicity; New York; 1966
- (1970) Grades of Theoreticity
in: FOSTER-SWANSON: Experience and Theory;
Massachusetts; 1970
- SCHAFFNER, K. F.
- (1967) Approaches to Reduction
in: Philosophy of Science; 34; 1967
- (1970) Outlines of a Logic of Comparative Theory
Evaluations with Special Attention to Pre- and
Post-Relativistic Electrodynamics
in: STUEWER: Minnesota Studies in the Philosophy
of Science; V; Minneapolis; 1970
- SCHEIBE, E.
- (1973) The Approximative Explanation and the Development
of Physics
in: SUPPES, HENKIN, JOJA, MOISIL: Logic,
Methodology, and Philosophy of Science;
Amsterdam; 1973
- SCHILPP, P. A.
- (1974) The Philosophy of K. Popper; La Salle; 1974

SCHLEGEL, R.

(1967) Completeness in Science; New-York; 1967

SEEGER, R. J.

(1954) Beyond Operationalism
in: FRANK (1954a)

SEREBRYANNIKOW, O. F.

(1972) Heuristic Principles and Logical Calculi;
Jerusalem; 1972

SINNREICH, J.

(1972) Zur Philosophie der idealen Sprache; München; 1972

SPINNER, H.

(1974) Pluralismus als Erkenntnismodell; Frankfurt; 1974

STEGMÜLLER, W.

(1969a) Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie;
Stuttgart; 1969

(1969b) Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie
und Analytischen Philosophie, I, Wissenschaftli-
che Erklärung und Begründung; Heidelberg; 1969

(1970) Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie
und Analytischen Philosophie, II, Theorie und
Erfahrung; Heidelberg; 1970

(1971) Das Problem der Induktion: Humes Herausforderung
und moderne Antworten
in: H. LENK: Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie;
Braunschweig; 1971

(1973) Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie
und Analytischen Philosophie, II, Theorie und
Erfahrung, Zweiter Halbband: Theoriestrukturen
und Theoriendynamik; Heidelberg, 1973

(1974) Theoriendynamik und logisches Verständnis
in: DIEDERICH (1974)

STRAUSS, M.

(1970) Intertheory Relations
in: WEINGARTNER-ZECHA (1970)

STRÖKER, E.

(1968) Falsifizierbarkeit als Kennzeichen naturwissen-
schaftlicher Theorien. Zu K. R. Poppers Logik
der Forschung
in: Kant-Studien; 59; 1968

- (1973) Einführung in die Wissenschaftstheorie; Darmstadt; 1973
- (1975) Bemerkungen zum Position Paper (Workshop 1)
in: LSE (1975)
- TICHY, P.
- (1974) On Popper's Definitions of Verisimilitude
in: The British Journal for the Philosophy of
Science; 25; 1974
- URBACH, P.
- (1975) The Objective Promise of a Research Programme
in: LSE (1975)
- WEINGARTNER-ZECHA
- (1970) Induction, Physics, and Ethics; Dordrecht; 1970
- WEIZSÄCKER, C. F. v.
- (1965) Die Einheit der Physik als konstruktive Aufgabe
in: KRÜGER (1970)
- WIESEN, B.
- (1977) Das Problem der empirischen Wahrheit in der
Analytischen Philosophie, (unveröffentlichte
Dissertation); Düsseldorf; 1977
- WORRAL, J.
- (1975) The Ways in which the Methodology of Scientific
Research Programmes improves on Popper's
Methodology
in: LSE (1975)
- ZELGER, J.
- (1975) Konzepte zur Messung der Macht; Berlin; 1975

Lebenslauf

Am 22. 1. 1953 wurde ich, Herbert Wiesen, in Mönchengladbach geboren.

Nach Erlangung des Reifezeugnisses (Mai 1971) studierte ich - beginnend mit dem Wintersemester 1971/72 - die Fächer Philosophie, Mathematik und Physik an der Universität Düsseldorf.

Im Mai 1976 legte ich in Düsseldorf die Erste Staatsprüfung für das Lehramt am Gymnasium ab.

Fotodruck Mainz, 5100 Aachen, Neupforte 13, Nähe Markt, Telefon (02 41) 2 73 05